



# **STUDIUM VLIVU OZONIZACE NA ARCHIVNÍ MATERIÁLY**

*Zpracovali:*

Dr. ing. Michal Ďurovič, Ing. Hana Paulusová,  
Roman Straka, PhMr. Bronislava Bacílková

Praha 2008

## **OBSAH**

1 Úvod.....	3
2. Experimentální část.....	4
2.1 Použité materiály.....	4
2.2 Popis ozonizace vzorků.....	4
2.3 Umělé stárnutí vzorků.....	5
2.4 Metodika stanovení mechanických, chemických a optických vlastností.....	6
2.4.1 Příprava vzorků před stanovením mechanických vlastností.....	6
2.4.2 Stanovení odolnosti v přehýbání.....	6
2.4.3 Stanovení pevnosti v tahu.....	6
2.4.4 Stanovení celkové barevné difference $\Delta E^*$ .....	6
2.4.5 Reflexní UV/VIS spektra.....	6
2.4.6 Stanovení dekoloračního čísla $DC_{457}$ .....	6
2.4.7 Stanovení pH.....	7
2.4.8 Vizuální hodnocení změn barevnosti archivních dokumentů.....	7
2.4.9 Stanovení vlivu ozonizace na vybrané mikroorganismy.....	7
3 VÝSLEDKY A DISKUSE.....	8
3.1 Odolnost v přehýbání.....	8
3.2 Pevnost v tahu.....	13
3.2.1 Tržné zatížení.....	13
3.2.2 Tažnost.....	18
3.2.3 Tržná délka.....	23
3.3 Celková barevná difference $\Delta E^*$ .....	28
3.4. Stanovení dekoloračního čísla $DC_{457}$ .....	29
3.5 pH vodného extraktu.....	30
3.6 Vliv ozonizace na stabilitu arylmetanových barviv.....	30
3.6.1 Reflexní UV/VIS spektra.....	30
3.6.2 Celková barevná difference $\Delta E^*$ .....	38
3.7 Vizuální hodnocení změn barevnosti archivních dokumentů.....	39
3.7.1 Vizuální hodnocení změn barevnosti archivní dokumentů.....	39
3.7.2 Změny celkové barevné difference $\Delta E^*$ archivních dokumentů.....	58
3.8 Vliv ozonizace na vybrané mikroorganismy.....	60
4 ZÁVĚR.....	60

## 1 ÚVOD

Dokumenty zaplavené při povodních jsou v řadě případů po vysušení cítit typickým „po-povodňovým“ zápachem. Tento zápach znepríjemňuje a mnohdy i znemožňuje jejich další využití. Proto pro odstranění tohoto zápachu byla navržena technologie ozonizace, jejíž principem je krátkodobé uložení archiválií do prostředí se zvýšenou koncentrací ozonu.

Ozon je plyn s charakteristickým zápachem, těžší než vzduch. Je silně reaktivní, působí jako silné oxidační činidlo a je velmi nestabilní. Poměrně rychle se rozkládá na kyslík O<sub>2</sub>. Při teplotě 20 °C, tlaku 101,3 kPa je poločas rozpadu 45 minut. Při teplotě 30 °C a stejném tlaku je poločas rozpadu jen 20 minut.

Ozon vzniká působením elektrického výboje nebo krátkovlnného UV záření na molekuly kyslíku. V praxi se vyrábí v generátorech ozonu ze vzduchu nebo z čistého kyslíku nebo z plynů bohatých na kyslík pomocí tichého elektrického výboje. Při teplotě –112 °C kondenzuje na tmavomodrou kapalinu, při teplotě –192,5 °C vzniká černo-fialová pevná látka. Obě látky jsou výbušné a rozkládají se na kyslík.

Lidský čich je na zápach ozonu obzvláště citlivý a je proto schopen zaregistrovat již při koncentraci 2 ppm. Ozon působí toxicky a agresivně na všechny organismy. Při delším pobytu v místech se zvýšenou koncentrací ozonu (nad cca 350 µg/m<sup>3</sup>) se dostavuje pálení očí, v nosu a v krku, v některých případech i tlak na hrudi, kašel a bolest hlavy. Při koncentracích ozonu vyšších než cca 1 100 µg/m<sup>3</sup> jsou silně drážděny oči a horní cesty dýchací, dostavují se bolesti hlavy. Koncentrace vyšší než cca 2 150 µg/m<sup>3</sup> způsobí během několika minut silné dráždění sliznice dýchacích cest, bronchospasmatické stavy a kašel. Koncentrace nad 21 000 µg/m<sup>3</sup> mají v závislosti na době expozice za následek bezvědomí, krvácení z plic a posléze smrt.

Nařízení vlády České republiky č. 178/2001 Sb. stanovuje přípustný expoziční limit (PEL) 100 µg/m<sup>3</sup>, který nesmí být překročen v celosměnném průměru. Krátkodobé překročení je možné až do hodnoty NPK-P, tj. do 200 µg/m<sup>3</sup> (hodnota NPK-P je nejvyšší přípustná koncentrace, která nesmí být překročena v žádném případě). Vyhláška Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 6/2002 Sb. stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. Limitní hodinová koncentrace ozonu byla stanovena na 100 µg/m<sup>3</sup>.

Ozon je považován za významný vnější degradační činitel poškozující archiválie. Proto na základě žádosti společnosti Belfor Czechia, spol. s r. o. byla Národním archivem vypracována následující studie, jejíž cílem bylo ověření vlivu technologie ozonizace na chemické, optické a mechanické vlastnosti různých druhů papírů a na typické záznamové prostředky.

## 2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 2.1 Použité materiály

Pro studium vlivu ozonizace na chemické, optické a mechanické vlastnosti různých druhů papírové podložky byly použity:

- Filtrační papír Whatman 1, 90 g/m<sup>2</sup> (W)
- Papír pro dokumenty dle ISO 9706, 80 g/m<sup>2</sup> (ISO 9706)
- Dřevitý papír, jednostranně hlazený, 60 g/m<sup>2</sup> (DP)
- Bez dřevý psací papír ČSN 502251, 60 g/m<sup>2</sup> (BPP)
- Bělená sulfitová buničina, 80 g/m<sup>2</sup> (MgBi)
- Chemotermomechanická buničina, 75 g/m<sup>2</sup> (CTMP)

Pro studium vlivu ozonizace na některá vybraná arylmetanová barviva a reálné archiválie byly použity:

- Vzorky filtračního papíru Whatman 1 obarvené následujícími arylmetanovými barvivy: Acid Red 87 (AR), Acid Green 16 (AG), Basic Violet 1 (metyl violet – MV), Basic Blue 6 (metylenová modř – MB), Basic Green 4 (malachit green - MG).  
Byly připraveny 0,1% (w) roztoky barviv v etanolu, do kterých byly ponořeny vzorky papíru Whatman 1 (5x5 cm) na 5 minut a vysušeny na vzduchu. Pouze pro přípravu roztoku Basic Blue 6 byl použit 50% etylalkohol.
- Vzorky archivních dokumentů z 19. a 20. století s různými typy záznamových prostředků (inkousty, razítka, tisk, psací stroj...).

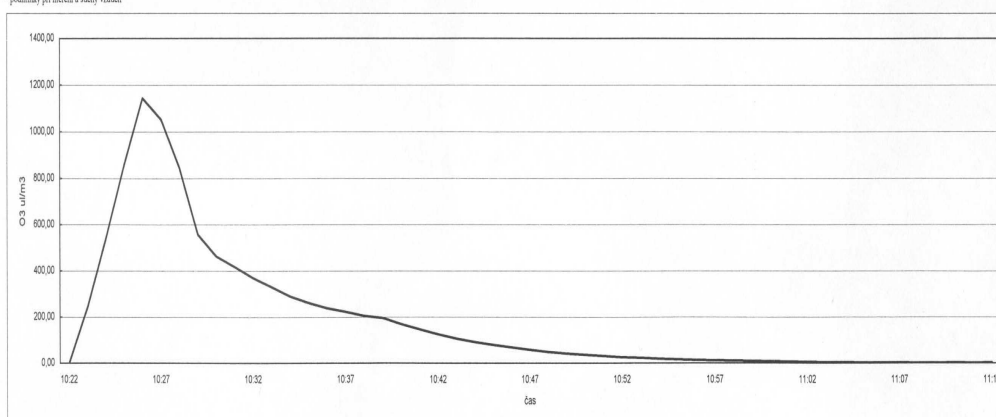
### 2.2 Popis ozonizace vzorků

Archy papíru byly rozvěšeny jednotlivě na šňůrách v prostoru, obarvené vzorky papíru byly položeny na rošty zhruba ve výšce umístěného analyzátoru ozonu Thermo Environmental model 49, který monitoroval průběh ozonizace (koncentrace, čas). Experiment probíhal od 10.22 hodin do 11.12 hodin při počáteční teplotě 16,6 °C a relativní vlhkosti 58,6 %. Po zapnutí ozonizátoru Airozon Supercracker (model POCS-500, Trotec, Německo) vystoupala koncentrace ozonu v komoře během 10–15 minut na maximální hodnotu 1 144 µg/m<sup>3</sup> a následně klesala. Průběh koncentrace ozonu v závislosti na čase je zobrazen na obr. 1. Teplota a relativní vlhkost v době ukončení experimentu byly 18,3 °C a 55,3 %.

Belfor Czechia, spol. s r.o., Měření ozonu při saranci papírových dokumentů, 12.10.2007

ČAS	1 min prům.		ČAS	1 min prům.	
	O <sub>3</sub> * ul/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> ug/m <sup>3</sup>		O <sub>3</sub> * ul/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> ug/m <sup>3</sup>
10:22	1,39	2,77	10:53	22,3	44,5
10:23	244	487	10:54	19,0	37,9
10:24	541	1 079	10:55	16,4	32,7
10:25	860	1 716	10:56	14,1	28,1
10:26	1 144	2 282	10:57	11,9	23,7
10:27	1 052	2 099	10:58	10,4	20,7
10:28	845	1 686	10:59	9,00	18,0
10:29	557	1 111	11:00	7,51	15,0
10:30	463	924	11:01	6,53	13,0
10:31	418	834	11:02	5,10	10,2
10:32	370	738	11:03	4,55	9,08
10:33	331	660	11:04	3,78	7,54
10:34	290	579	11:05	3,13	6,24
10:35	262	523	11:06	2,77	5,53
10:36	240	479	11:07	2,27	4,53
10:37	223	445	11:08	1,55	3,09
10:38	206	411	11:09	1,83	3,65
10:39	196	391	11:10	2,02	4,03
10:40	169	337	11:11	1,96	3,91
10:41	147	293	11:12	2,37	4,73
10:42	125	249	-	-	-
10:43	106	211	-	-	-
10:44	91,1	182	-	-	-
10:45	79,1	158	-	-	-
10:46	67,9	135	-	-	-
10:47	57,1	114	-	-	-
10:48	48,9	97,6	-	-	-
10:49	41,7	83,2	-	-	-
10:50	35,8	71,4	-	-	-
10:51	31,2	62,2	-	-	-
10:52	25,9	51,7	-	-	-
max.hodnota/min	1 144	2 282	max.hodnota/min	1 144	2282
min.hodnota/min	1,39	2,77	min.hodnota/min	1,39	2,77
počet bodů	51	-	počet bodů	51	-

\* podmínky při měření a suchy vzduch



Obr. 1 Průběh ozonizace vzorků

## 2.3 Umělé stárnutí vzorků

Vzorky byly uměle stárnuty ve vlhké i suché atmosféře:

- Dle ISO 5630/3-1981: Stárnutí ve vlhké atmosféře při 80 °C a 65% relativní vlhkosti v klimatizační komoře (Sanyo Gallenkamp PLC, Velká Británie) po dobu 30 dnů.
- Dle ISO 5630/1-1981: Stárnutí v suché atmosféře v komoře (Sanyo Gallenkamp OMT OVEN, Velká Británie) při 105 °C po dobu 30 dnů.

## **2.4 Metodika stanovení mechanických, chemických a optických vlastností**

### **2.4.1 Příprava vzorků před stanovením mechanických vlastností**

Vzorky o šířce  $15 \pm 0,1$  mm byly před měřením kondicionovány dle ISO 187 při 23 °C a 50% relativní vlhkosti po dobu 24 hodin. Mechanické vlastnosti vzorků byly měřeny v podélném i příčném směru. Vzorky byly zpracovány jako průměrné vzorky.

Výsledky měření mechanických vlastností byly statisticky zpracovány. Byl vypočten aritmetický průměr, směrodatná odchylka a interval spolehlivosti při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

### **2.4.2 Stanovení odolnosti v přehýbání**

Odolnost v přehýbání byla stanovena dle ISO 5626 na zkušební přístroji podle Köhlera-Molina (AB Lorentzen & Wettre, Švédsko) při použití závaží 400 g (celková hmotnost 600 g). Pro každý směr bylo provedeno 20 měření.

### **2.4.3 Stanovení pevnosti v tahu**

Tržné zatížení, tažnost a tržná délka bylo stanoveno na přístroji Alvetron TH1 (Lorentzen & Wettre, Švédsko) podle ČSN EN ISO 1924-2, Papír a lepenka. Stanovení tahových vlastností. Vzdálenost klem byla  $100 \pm 0,1$  mm. Pro každý směr bylo provedeno 10 měření.

### **2.4.4 Stanovení celkové barevné difference $\Delta E^*$**

Barevná difference byla stanovena přenosným spektrofotometrem CM-2600d, (Minolta, Japonsko). Byla sledována celková barevná difference  $\Delta E^*$ , jasová odchylka  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$ , znázorňující rozdíly pozic v kolorimetrickém diagramu CIEL\*a\*b\*.

Podmínky měření: úhel pozorovatele 2 °, osvětlovací zdroj D65 (teplota chromatičnosti 6504 K), průměr měřené plochy 8 mm.

### **2.4.5 Reflexní UV/VIS spektra**

Reflexní spektra v ultrafialové a viditelné oblasti spektra (250–750 nm) vzorků filtračního papíru Whatman 1, který byl obarvený arylmetanovými barvivy byla měřena na přístroji UV/VIS Spectrometer UV 500 (Unicam, Velká Británie).

### **2.4.6 Stanovení dekoloračního čísla $DC_{457}$**

Dekolorační číslo  $DC_{457}$  je definováno podle ČSN 50 0409 následujícím vztahem:

$$DC_{457} = {}^{\circ}(K/S)_{457} - {}^a(K/S)_{457}$$

kde poměrový faktor  $^{\circ}(K/S)_{457}$  vypočtený podle Kubelkovy-Munkovy rovnice odpovídá původnímu vzorku a poměrový faktor  $^a(K/S)_{457}$  vzorku po příslušné dekolorační změně (ozonizace, umělé stárnutí). Při zesvětlení je hodnota DC kladná – tzv. *pozitivní dekolorační číslo*, při ztmavnutí je hodnota DC záporná – tzv. *negativní dekolorační číslo*. Pro měření byl použit přístroj Leukometr (Carl Zeiss Jena, Německo).

#### **2.4.7 Stanovení pH**

Hodnoty pH byly stanoveny metodou studeného extraktu podle ČSN ISO 6588 na přístroji PerpHecT-metru, model 310 za použití AquaPro pH výluhové kombinované elektrody (Orion, USA).

#### **2.4.8 Vizuální hodnocení změn barevnosti archivních dokumentů**

Pro studium vlivu ozonizace na reálné archivní dokumenty byly vybrány archiválie z 19. a 20. století, které byly rozřezány na proužky. Část proužků byly podrobeny ozonizaci a umělému stárnutí. Hodnocení vlivu ozonizace na barevné změny papírové podložky i samotné záznamové prostředky bylo hodnoceno vizuálně a fotograficky zaznamenáno digitálním fotoapátem.

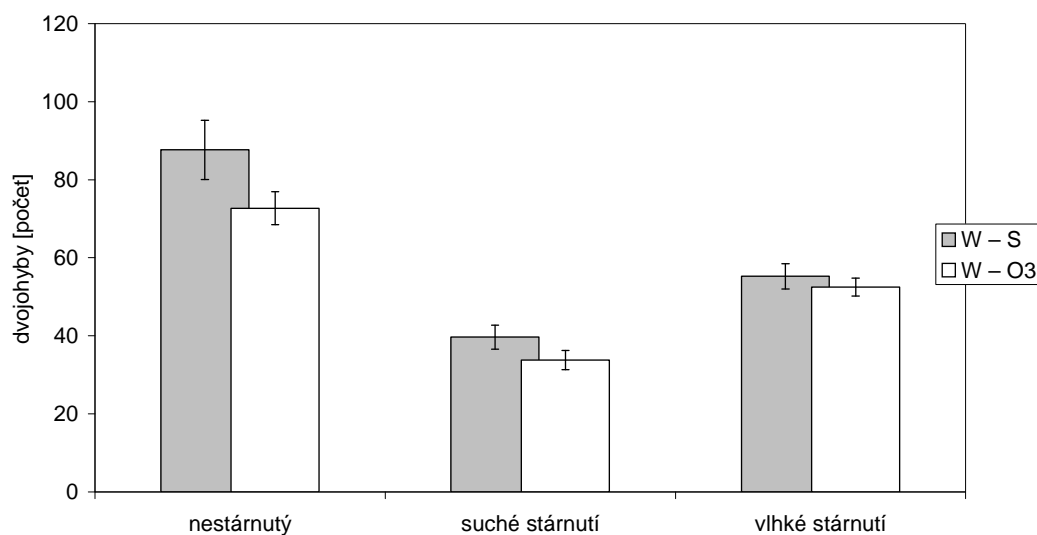
#### **2.4.9 Stanovení vlivu ozonizace na vybrané mikroorganismy**

Pro studium vlivu ozonizace na mikroorganismy byly vybrány běžně rozšířené druhy vláknitých hub (plísňí), pocházející z archivních depozitářů – *Aspergillus niger*, *Penicillium aurantiogriseum* a *Trichoderma koningii*. Spory plísňí byly naneseny na povrch čtverečků papíru o velikosti 2×2 cm a uloženy do papírových obálek (v každé obálce po jenom vzorku od každého druhu). Deset takových obálek bylo rozloženo na různá místa komory a podrobena vlivu ozonu. Poté byly vzorky asepticky vyjmuty z obálek a položeny na povrch sladidového živného agaru. Kultivace probíhala při  $24 \pm 4$  °C po dobu 7 dní. Byl sledován nárůst plísňí, který byl porovnán s neošetřenými (kontrolními) vzorky.

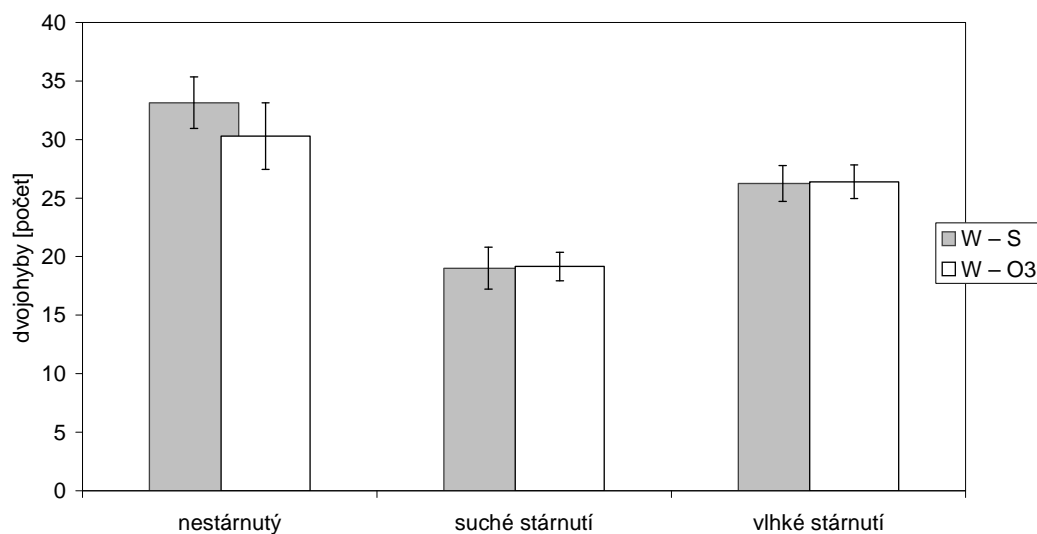
### 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

#### 3.1 Odolnost v přehýbání

Na obr. 2 až 11 jsou uvedeny závislosti vlivu ozonizace a umělého stárnutí suchým a vlhkým teplem na odolnosti v přehýbání různých druhů papírů. Z histogramů je patrný zanedbatelný vliv ozonizace na tuto mechanickou vlastnost.

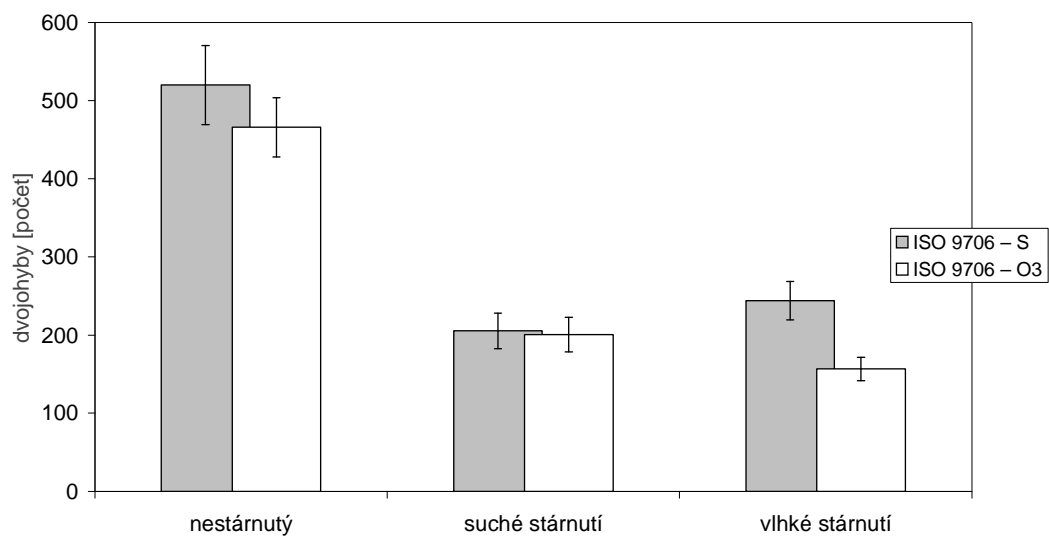


**Obr. 2** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na odolnost v přehýbání papíru Whatman 1 v podélném směru

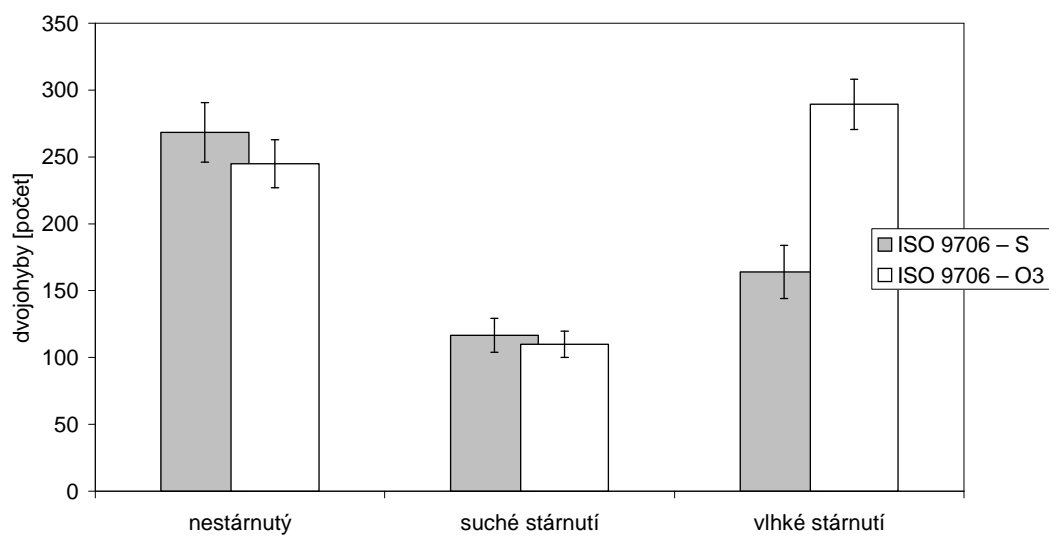


**Obr. 3** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na odolnost v přehýbání papíru Whatman 1 v příčném směru

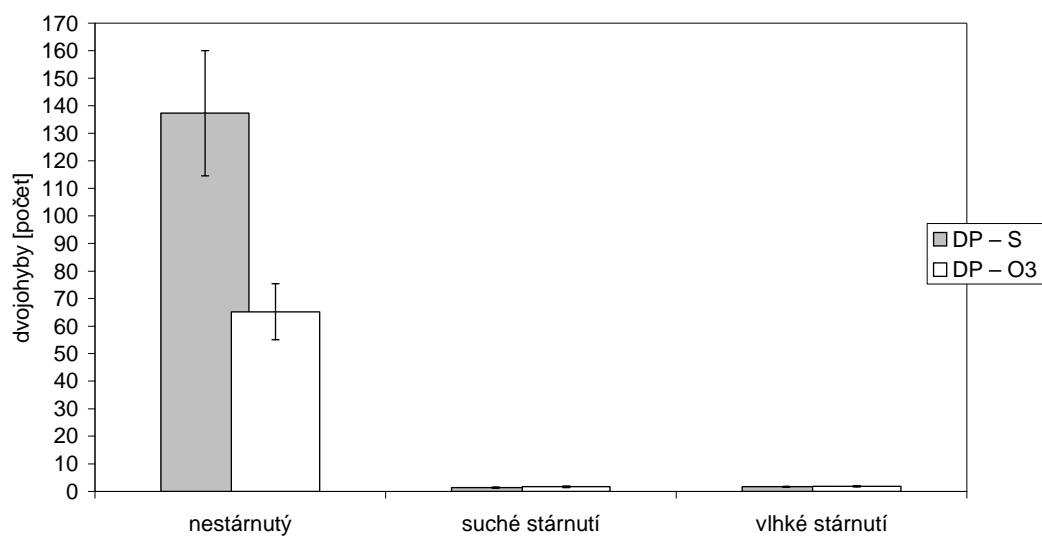




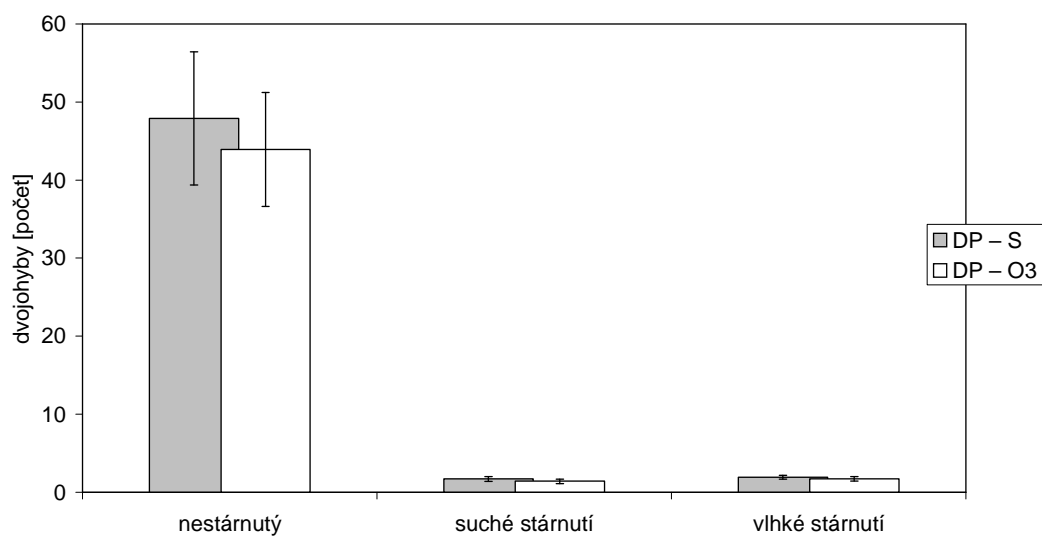
**Obr. 4** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na odolnost v přehýbání papíru ISO 9706 v podélném směru



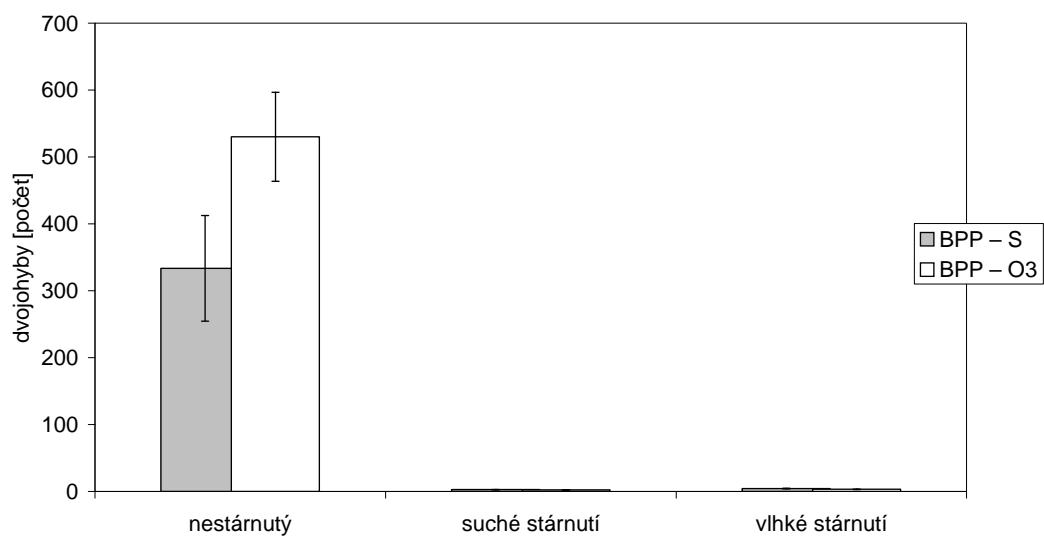
**Obr. 5** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na odolnost v přehýbání papíru ISO 9706 v příčném směru



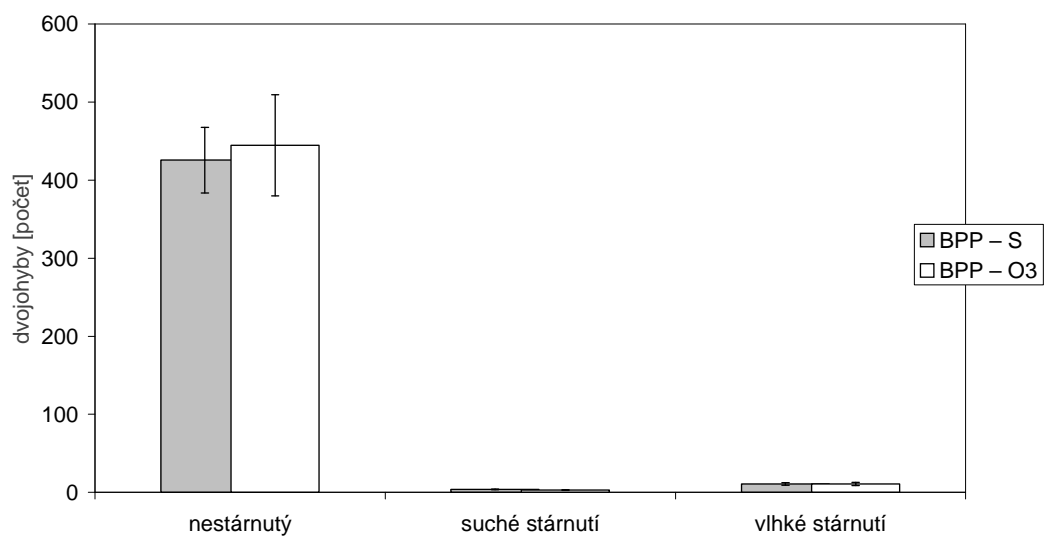
**Obr. 6** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na odolnost v přehýbání dřevitého papíru v podélném směru



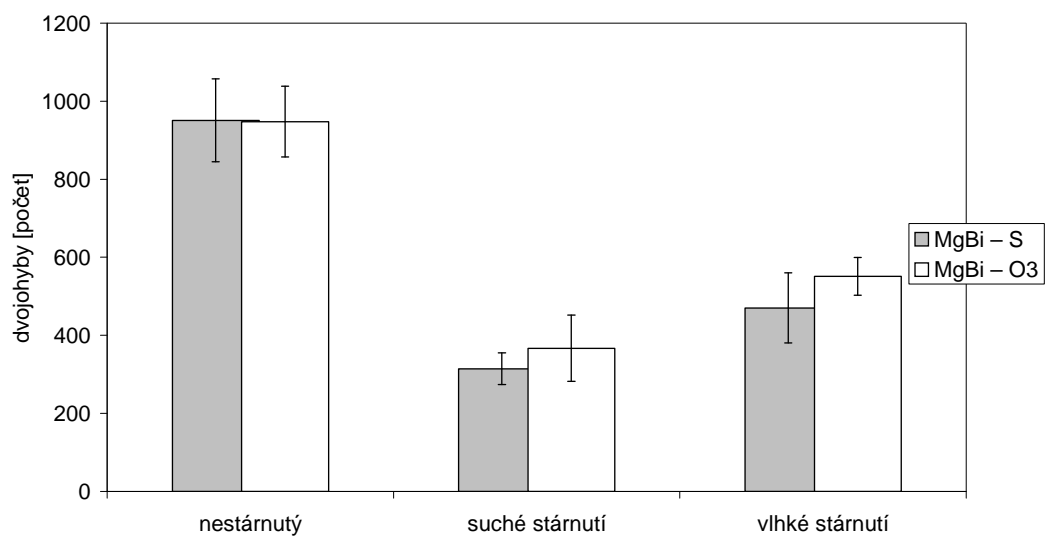
**Obr. 7** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na odolnost v přehýbání dřevitého papíru v příčném směru



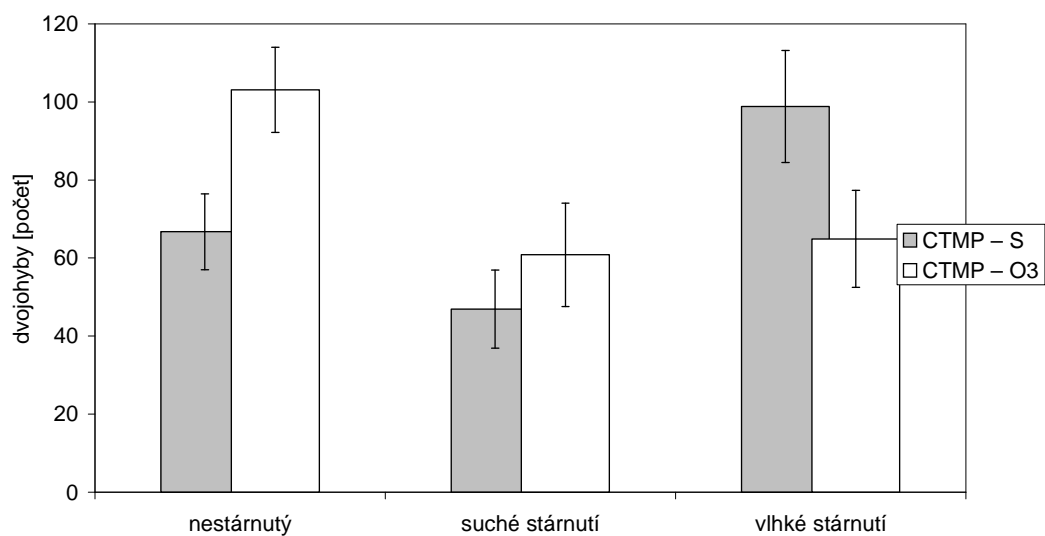
**Obr. 8** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na odolnost v přehýbání bezdřevého psacího papíru v podélném směru



**Obr. 9** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na odolnost v přehýbání bezdřevého psacího papíru v příčném směru



**Obr. 10** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na odolnost v přehýbání bělená sulfitové buničiny

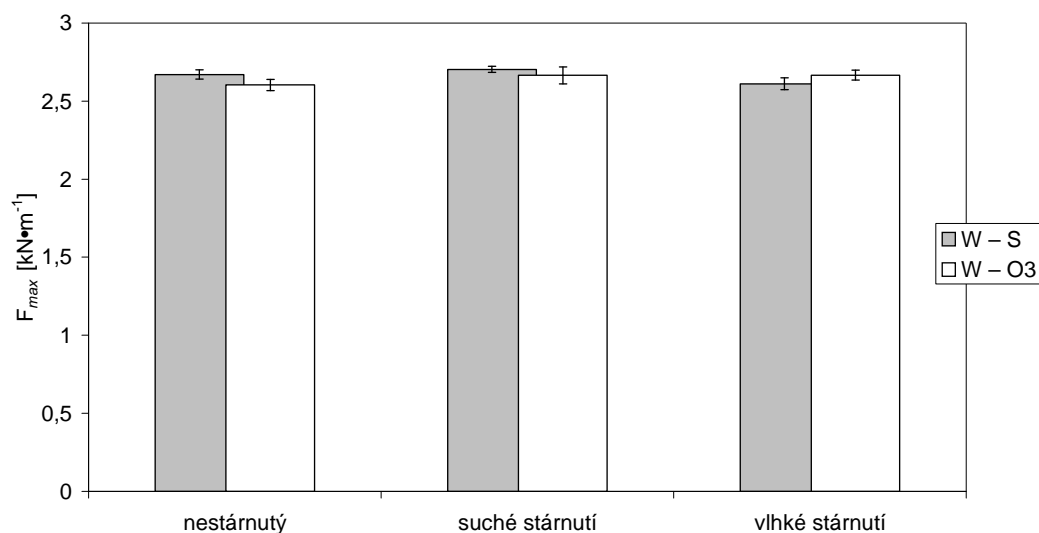


**Obr. 11** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na odolnost v přehýbání chemotermomechanické buničiny

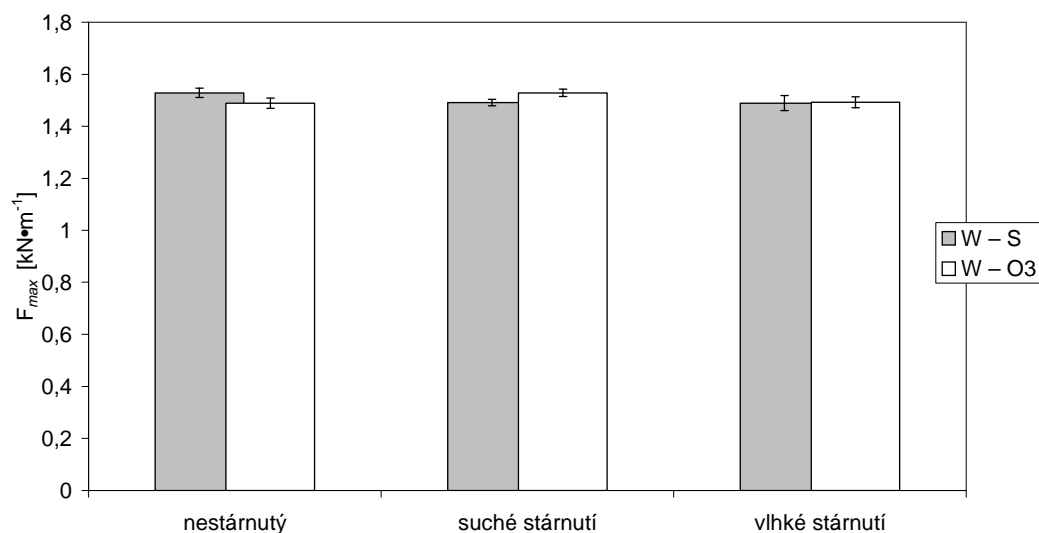
### 3.2 Pevnost v tahu

#### 3.2.1 Tržné zatížení

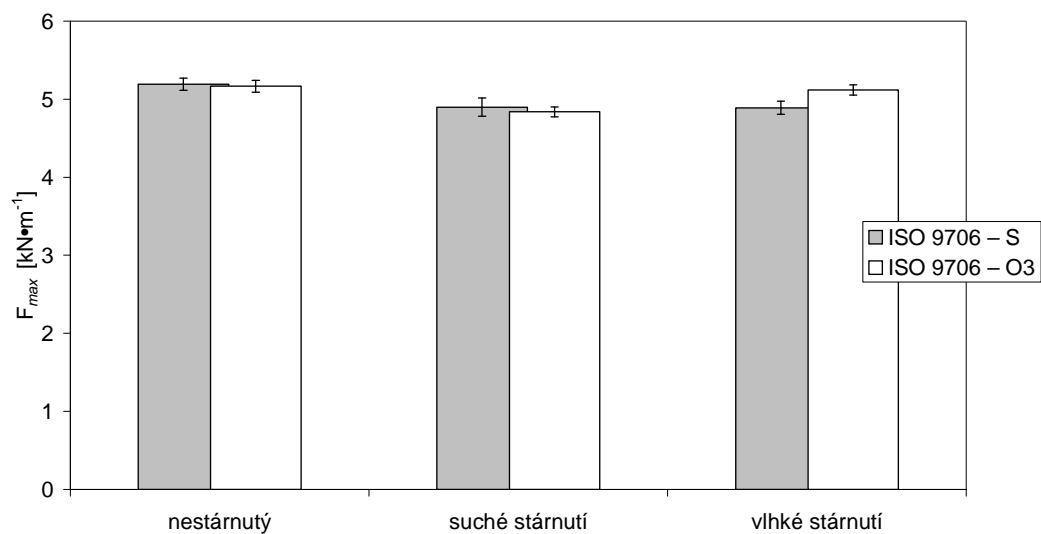
Na obr. 12 až 21 jsou uvedeny závislosti vlivu ozonizace a umělého stárnutí suchým a vlhkým teplem na tržné zatížení (kN/m) různých druhů papírů. Z histogramů je patrný zanedbatelný vliv ozonizace na tuto mechanickou vlastnost.



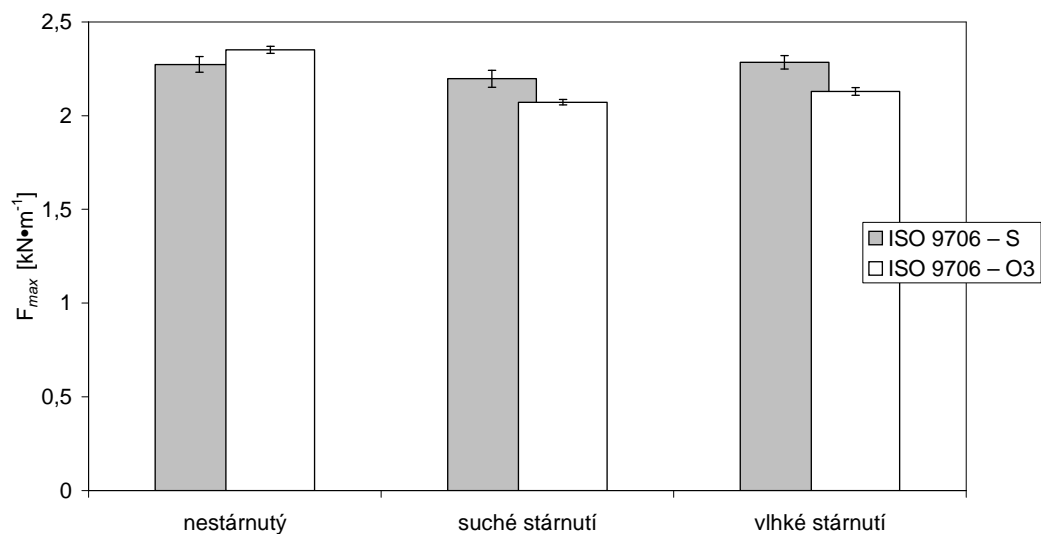
**Obr. 12** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení (kN/m) papíru Whatman 1 v podélném směru



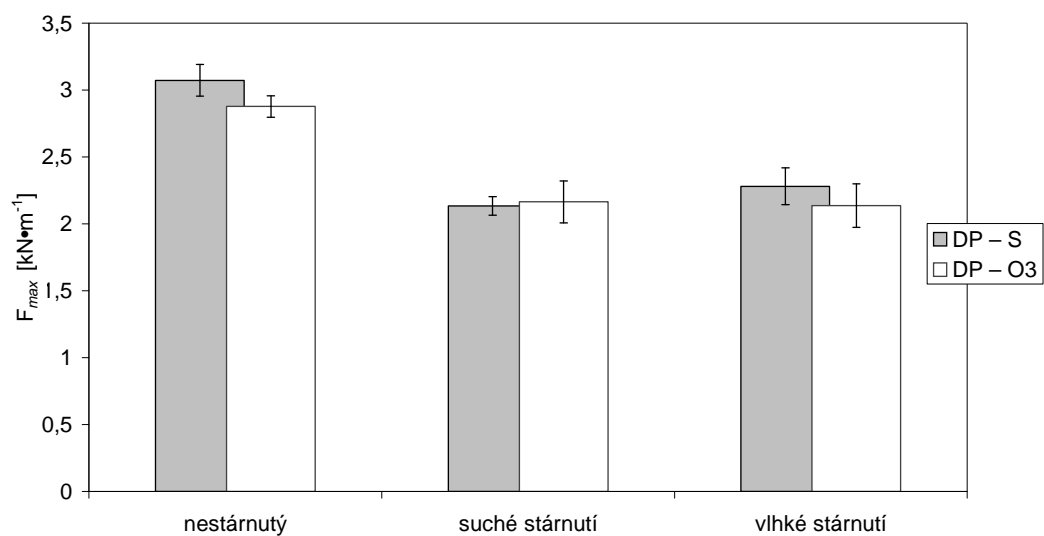
**Obr. 13** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení (kN/m) papíru Whatman 1 v příčném směru



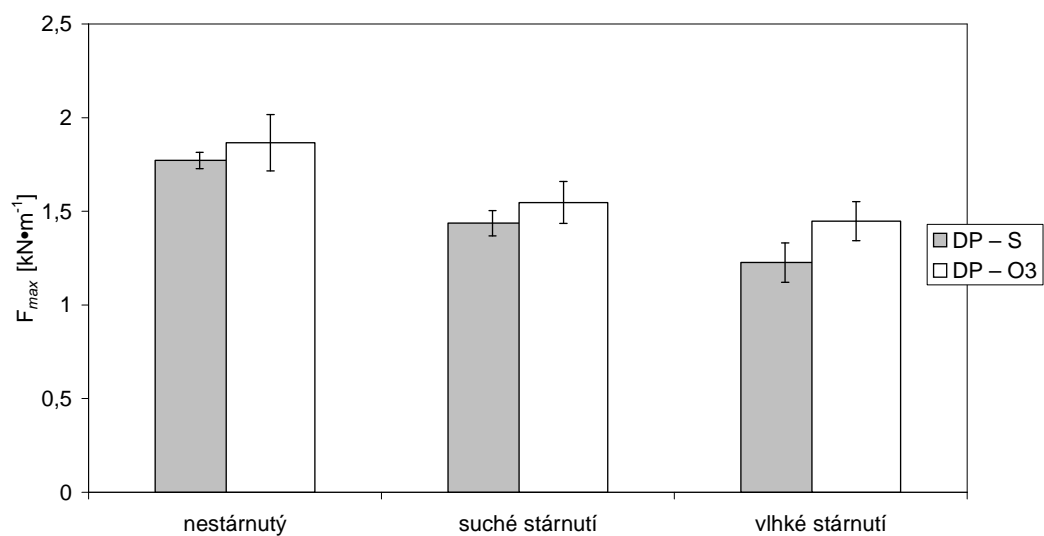
**Obr. 14** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení (kN/m) papíru ISO 9706 v podélném směru



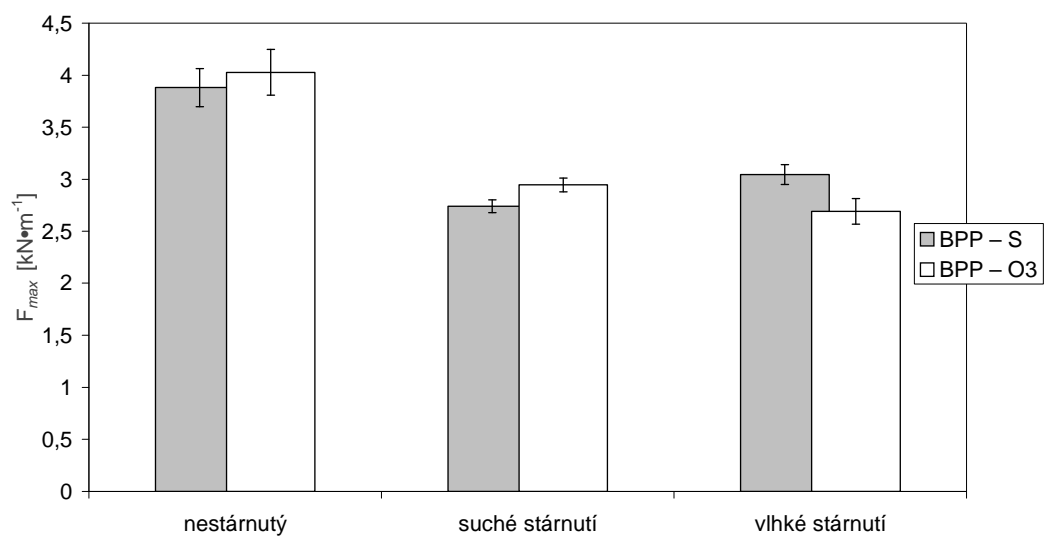
**Obr. 15** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení (kN/m) papíru ISO 9706 v příčném směru



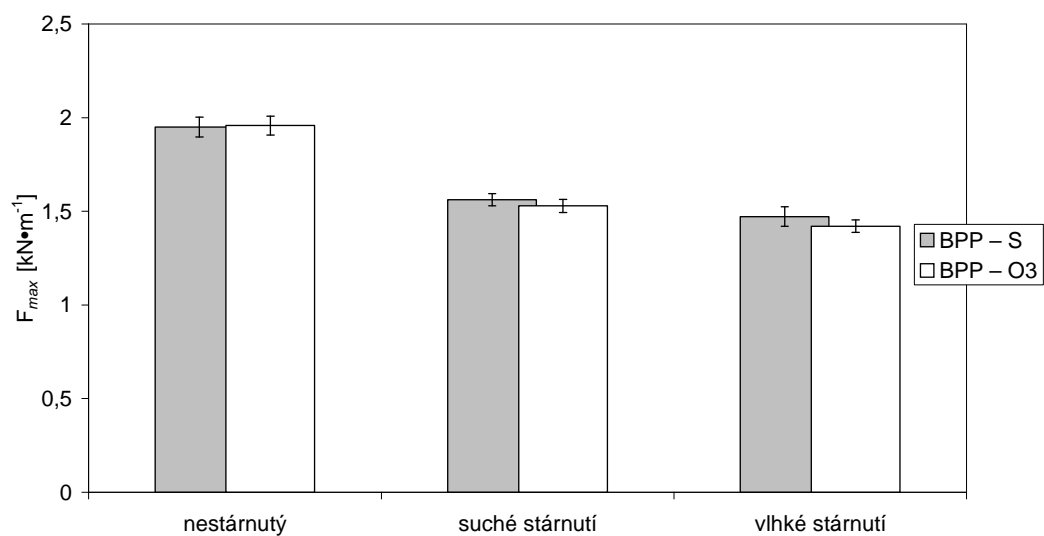
**Obr. 16** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení ( $\text{kN/m}$ ) dřevitého papíru v podélném směru



**Obr. 17** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení ( $\text{kN/m}$ ) dřevitého papíru v příčném směru

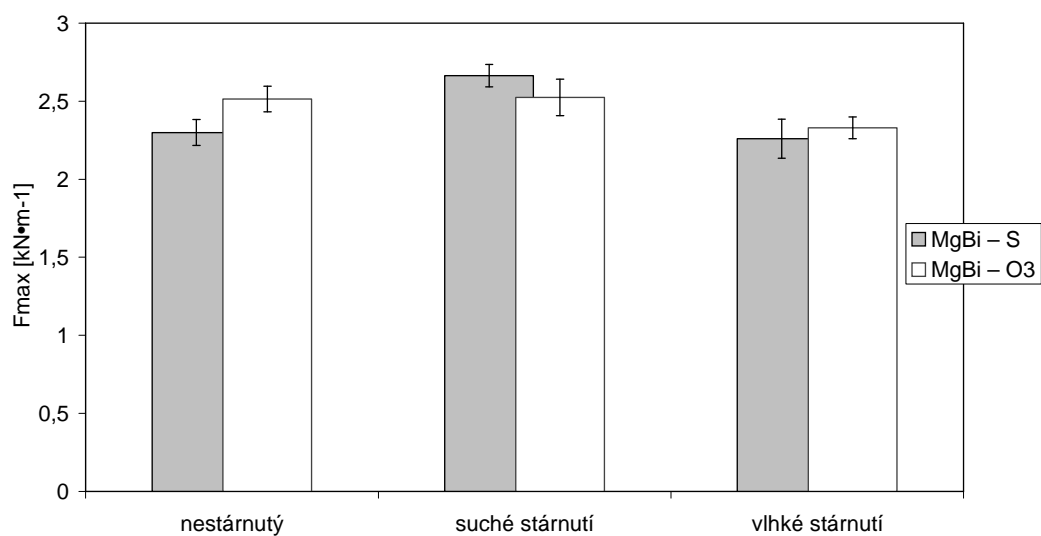


**Obr. 18** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení ( $\text{kN/m}$ ) bezdřevého psacího papíru v podélném směru

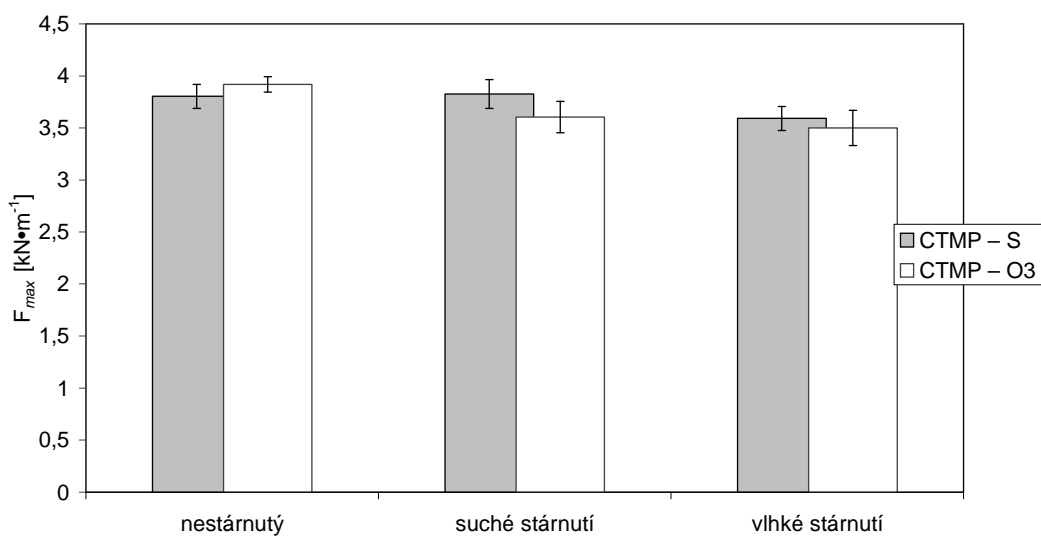


**Obr. 19** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení ( $\text{kN/m}$ ) bezdřevého psacího papíru v příčném směru





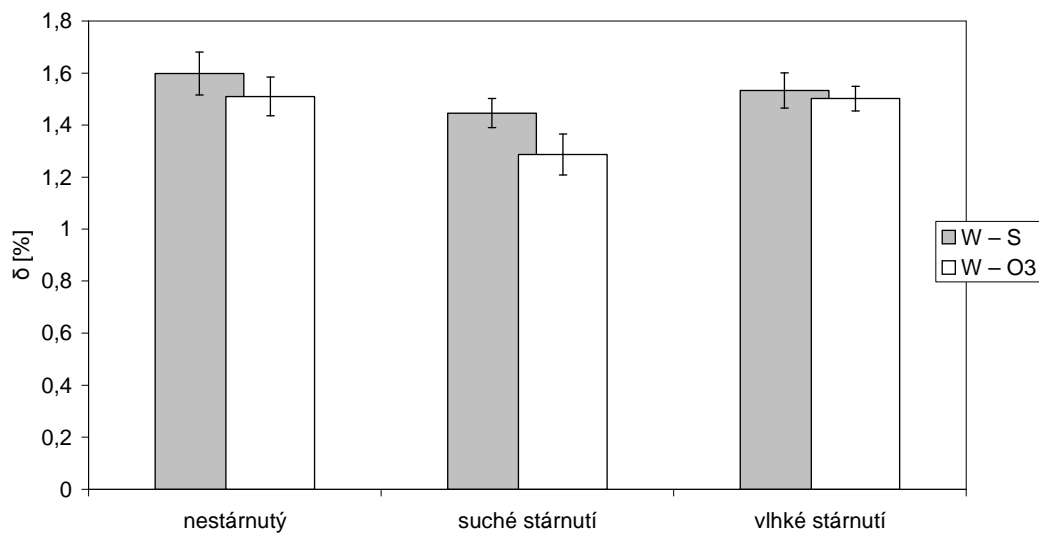
Obr. 20 Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení ( $\text{kN/m}$ ) bělená sulfitové buničiny



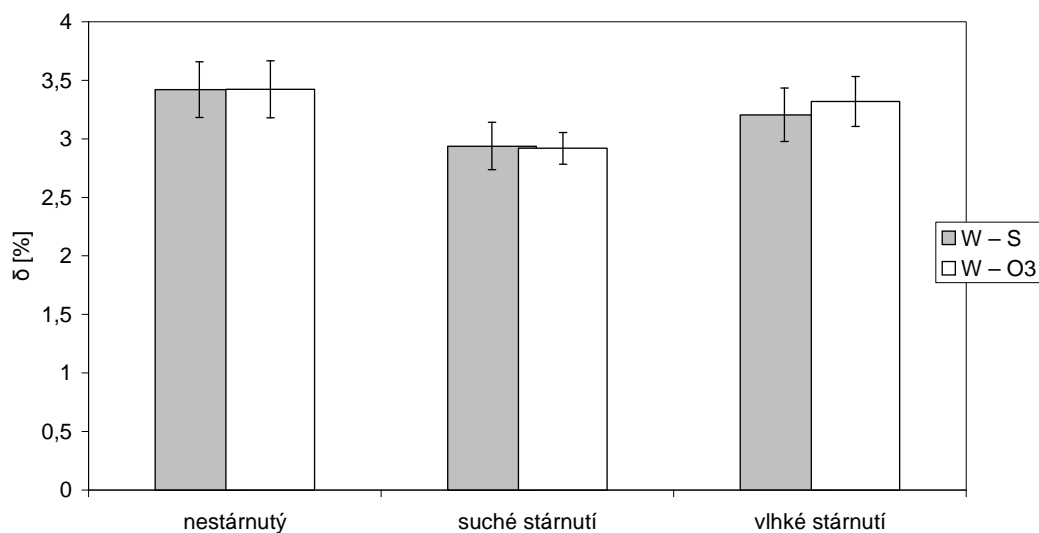
Obr. 21 Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení ( $\text{kN/m}$ ) chemotermomechanické buničiny

### 3.2.2 Tažnost

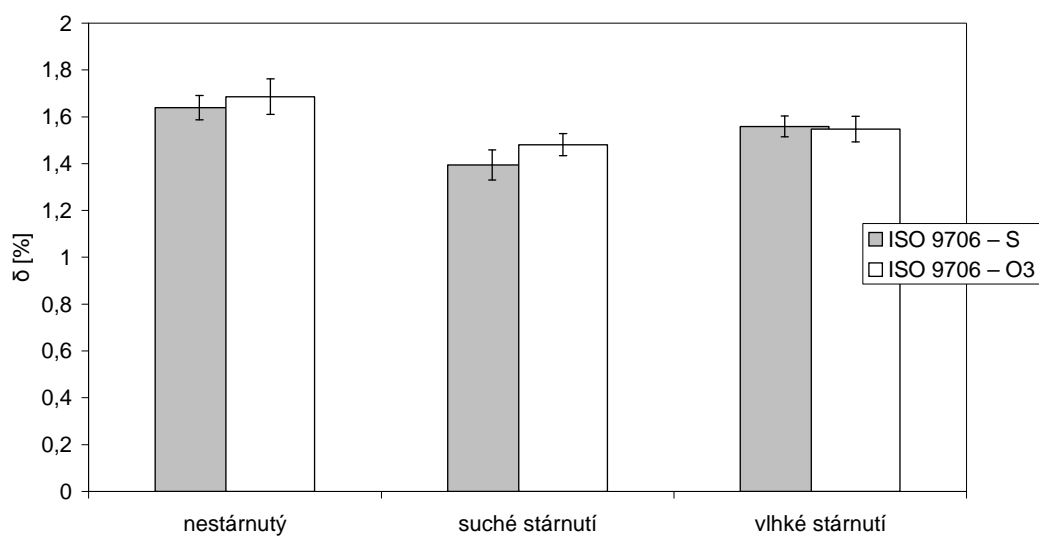
Histogramy uvedené na *obr. 22 až 31* znázorňují vlivu ozonizace a umělého stárnutí suchým a vlhkým teplem na tažnost (%) různých druhů papírů. Ozonizace tuto mechanickou vlastnost neovlivňuje.



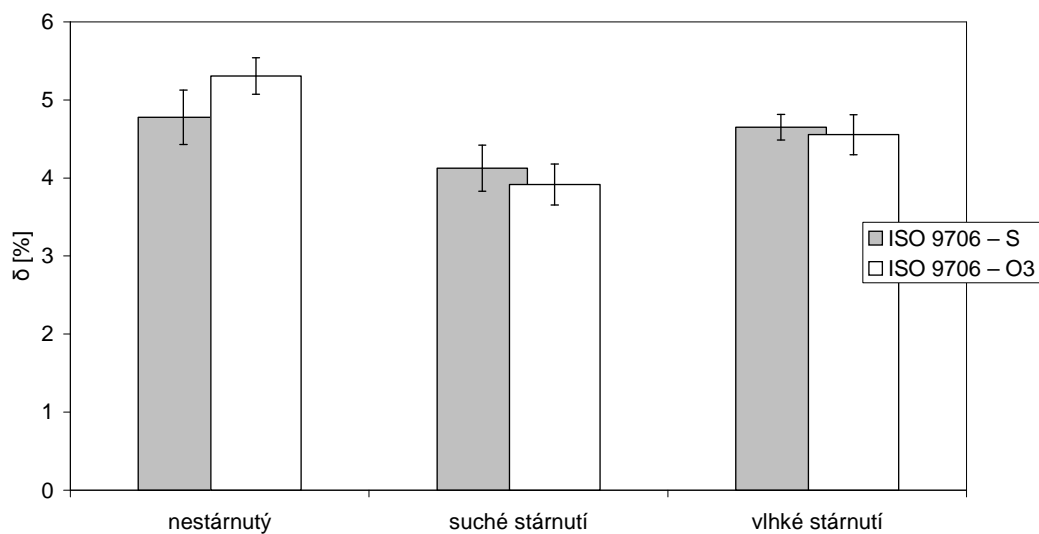
**Obr. 22** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tažnost (%) papíru Whatman 1 v podélném směru



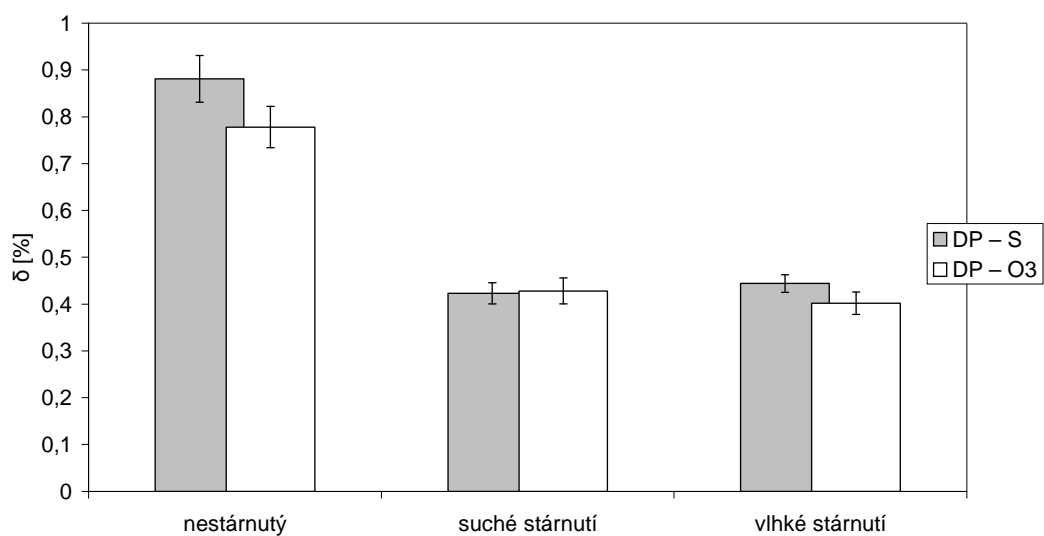
**Obr. 23** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tažnost (%) papíru Whatman 1 v příčném směru



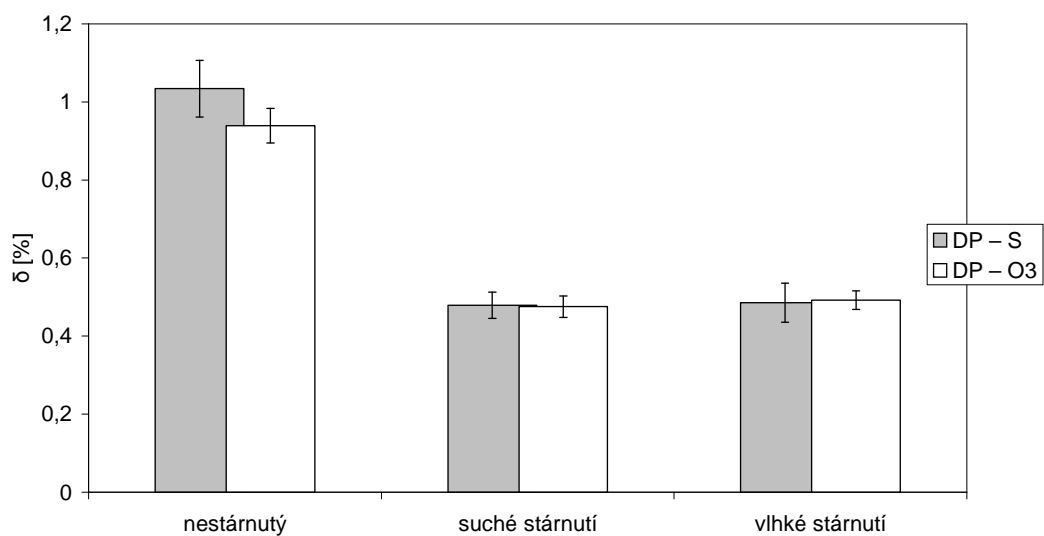
**Obr. 24** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tažnost (%) papíru ISO 9706 v podélném směru



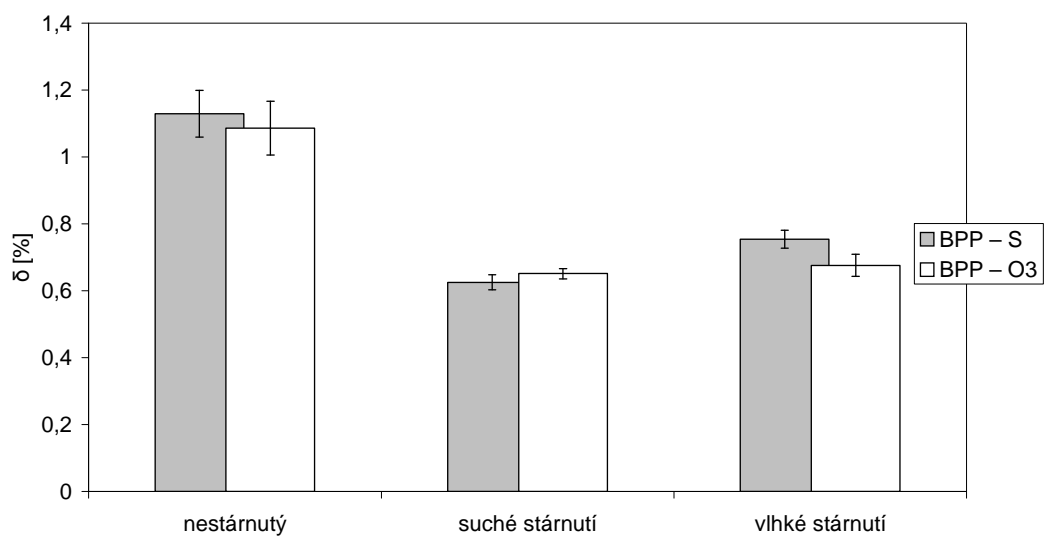
**Obr. 25** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tažnost (%) papíru ISO 9706 v příčném směru



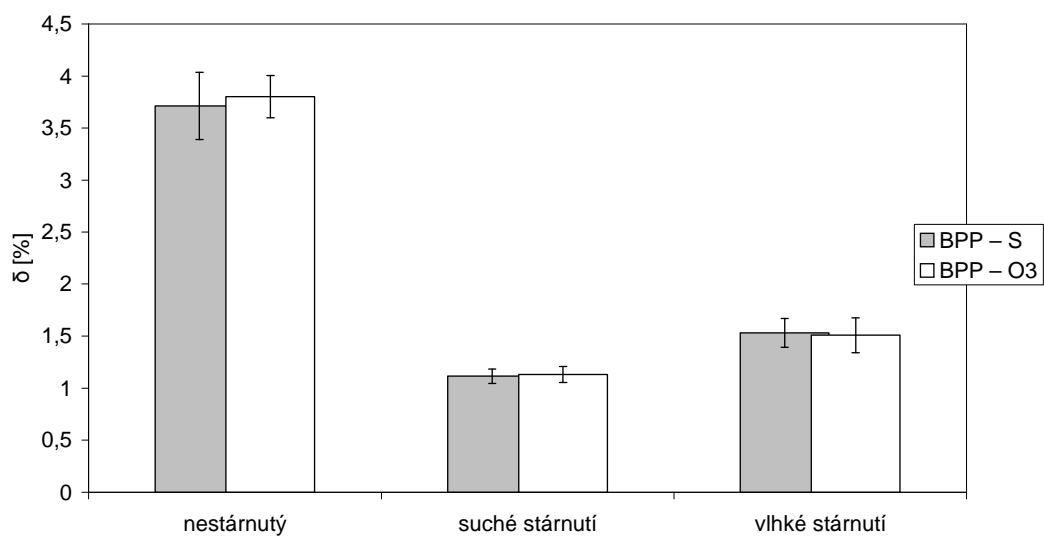
**Obr. 26** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tažnost (%) dřevitého papíru v podélném směru



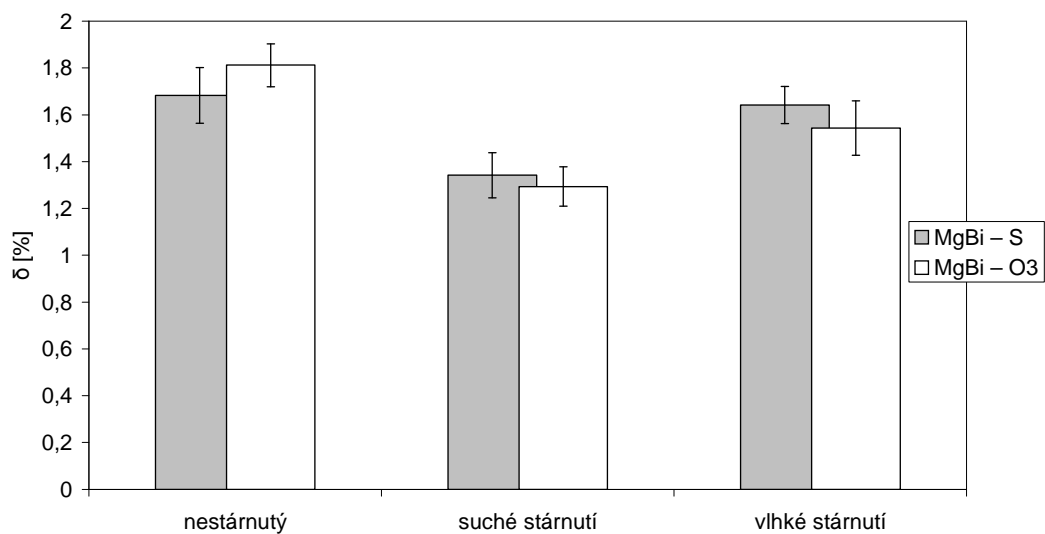
**Obr. 27** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tažnost (%) dřevitého papíru v příčném směru



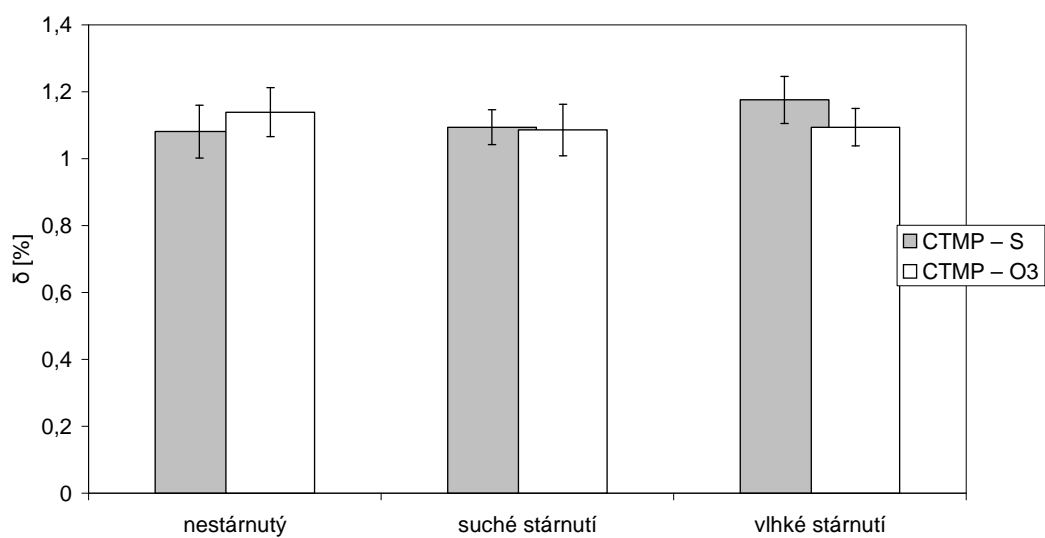
**Obr. 28** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tažnost (%) bezdřevého psacího papíru v podélném směru



**Obr. 29** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržné zatížení (kN/m) bezdřevého psacího papíru v příčném směru



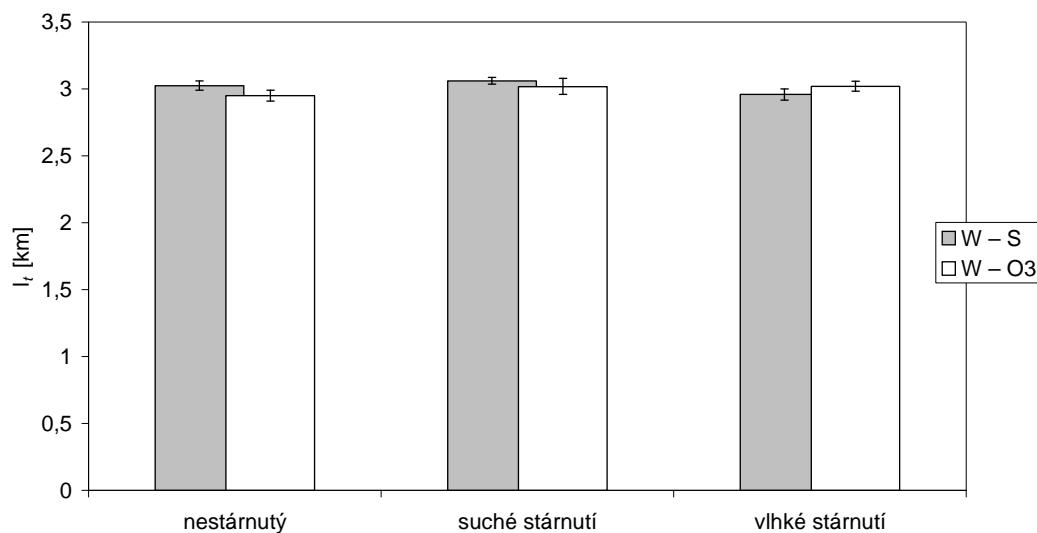
**Obr. 30** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tažnost (%) bělená sulfitové buničiny



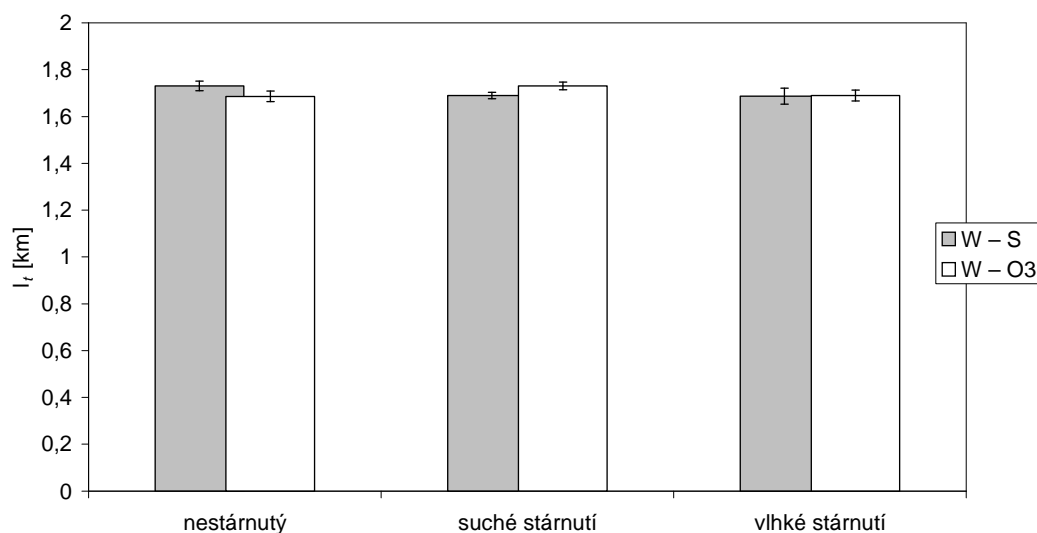
**Obr. 31** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tažnost (%) chemothermomechanické buničiny

### 3.2.3 Tržná délka

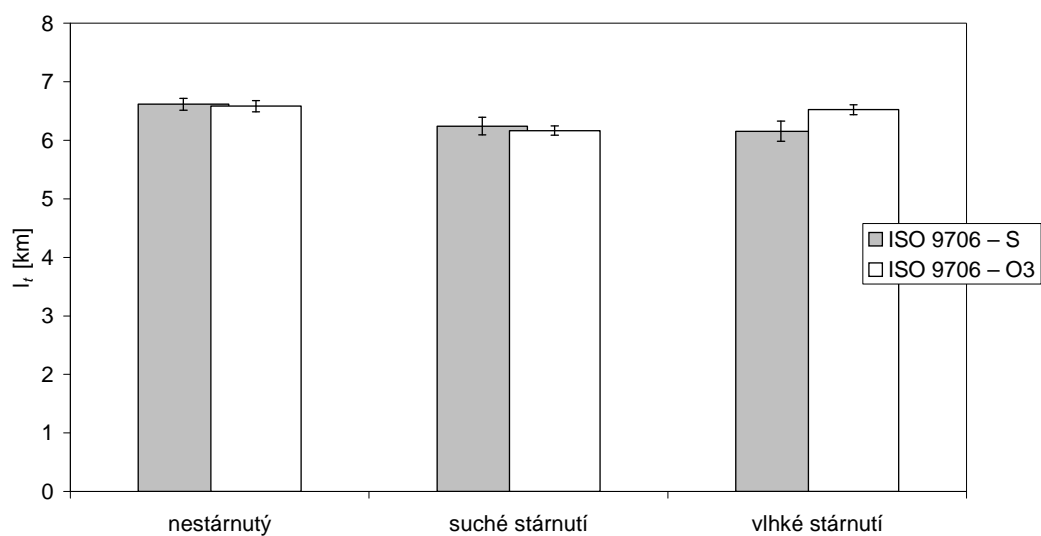
Na obr. 32 až 41 jsou uvedeny závislosti vlivu ozonizace a umělého stárnutí suchým a vlhkým teplem na tržnou délku (km) různých druhů papírů. Ozonizace má prakticky zanedbatelný vliv na tuto mechanickou vlastnost.



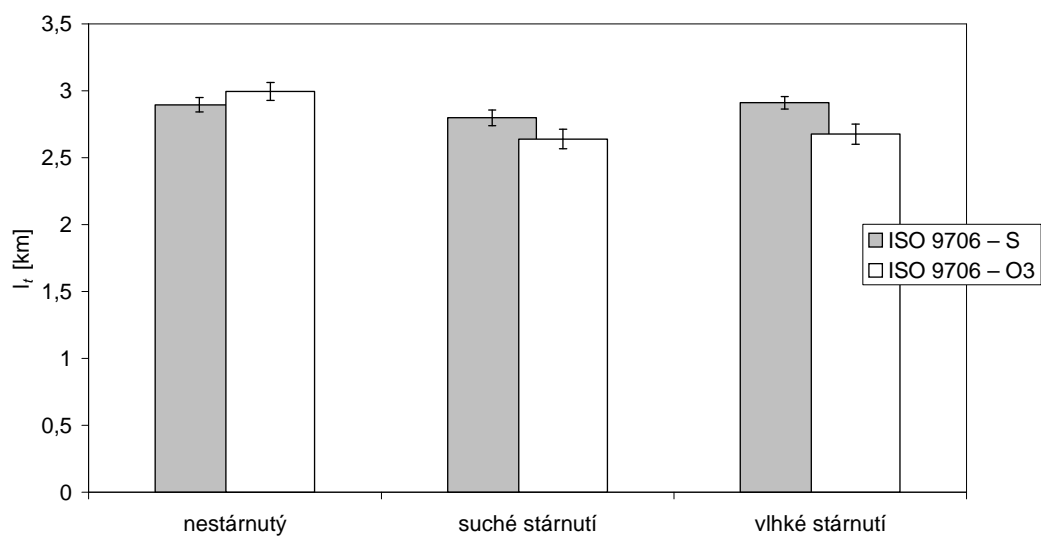
**Obr. 32** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržnou délku (km) papíru Whatman 1 v podélném směru



**Obr. 33** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržnou délku (km) papíru Whatman 1 v příčném směru

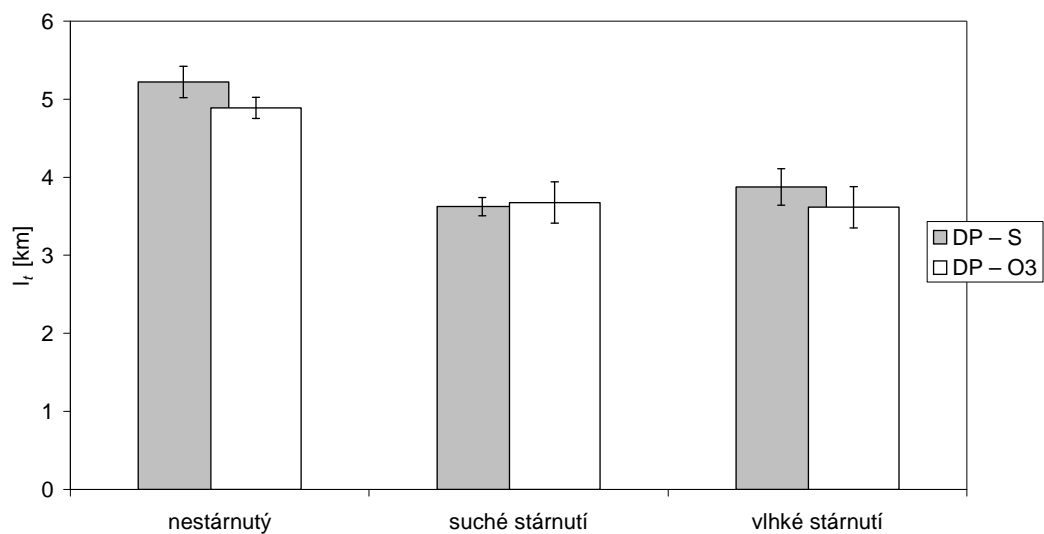


**Obr. 34** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržnou délku (km) papíru ISO 9706 v podélném směru

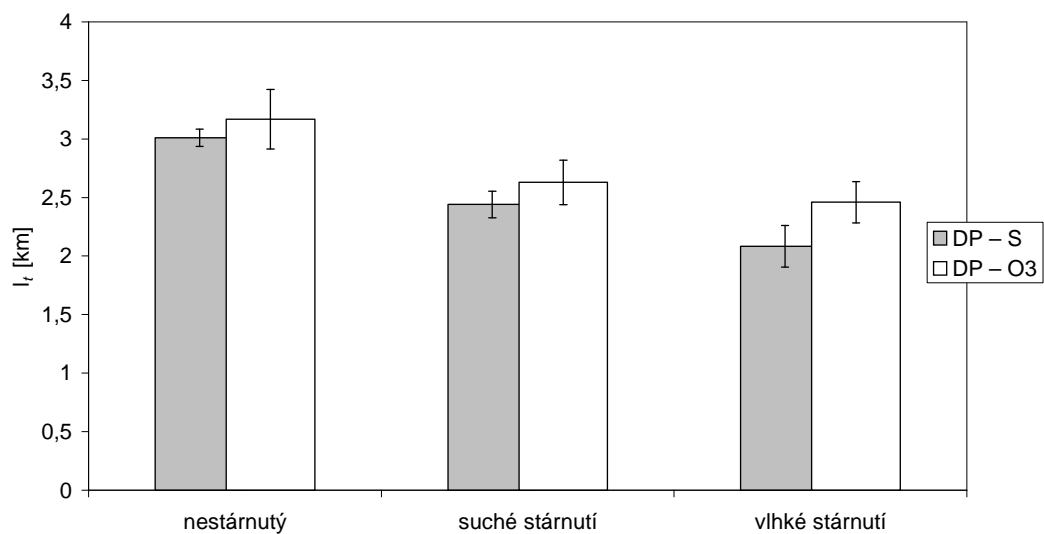


**Obr. 35** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržnou délku (km) papíru ISO 9706 v příčném směru

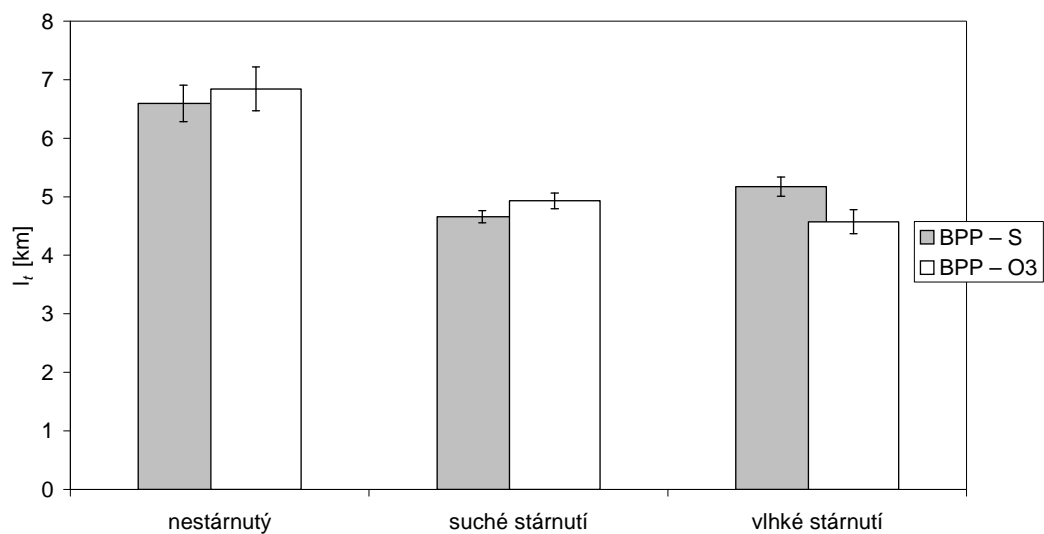




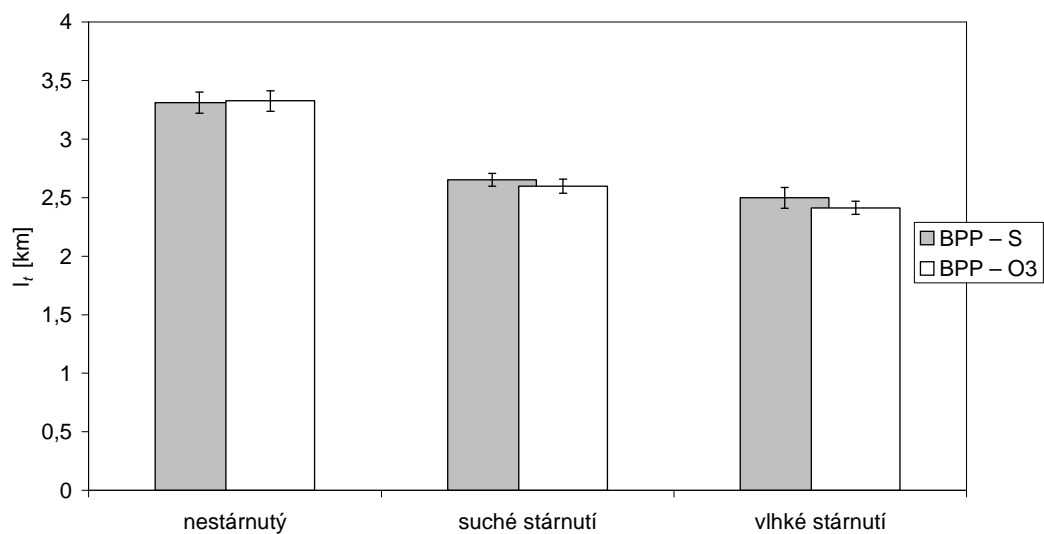
**Obr. 36** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržnou délku (km) dřevitého papíru v podélném směru



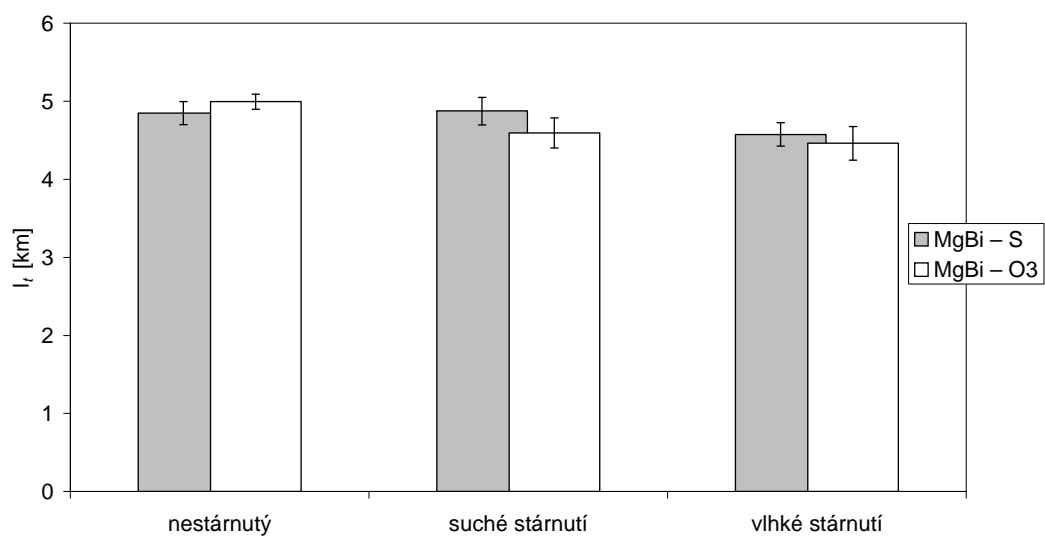
**Obr. 37** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržnou délku (km) dřevitého papíru v příčném směru



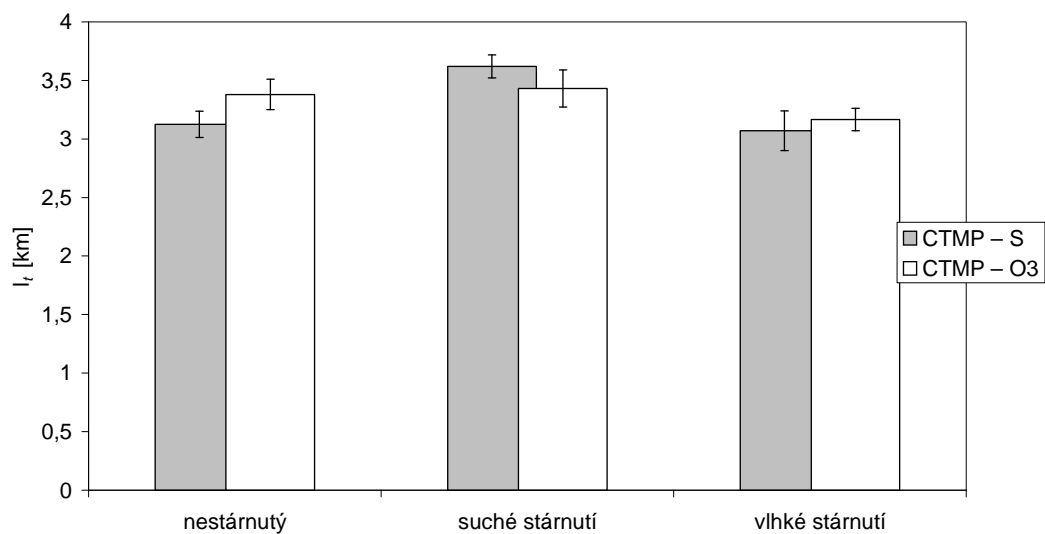
**Obr. 38** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržnou délku (km) bezdřevého psacího papíru v podélném směru



**Obr. 39** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržnou délku (km) bezdřevého psacího papíru v příčném směru



**Obr. 40** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržnou délku (km) bělená sulfitové buničiny



**Obr. 41** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na tržnou délku (km) chemothermomechanické buničiny

### 3.3 Celková barevná diference $\Delta E^*$

V tab. 1 jsou uvedeny hodnoty  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , jejich diference a celková barevná diference  $\Delta E^*$  jednotlivých druhů testovaných papírů. Z uvedených hodnot celkové barevné diference vyplývá, že ozonizace nemá prakticky vliv na barevnost dokumentů.

Tab. 1 Vliv ozonizace na celkovou barevnou diference  $\Delta E^*$  jednotlivých druhů papíru.

Vzorek papíru	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
DP – nestárnutý	85,71	3,56	18,62				
DP – vlhké stárnutí	76,23	7,38	22,34	-9,48	3,82	3,72	<b>10,88</b>
DP – suché stárnutí	69,11	9,77	24,73	-16,6	6,21	6,11	<b>18,75</b>
DP – O <sub>3</sub> - nestárnutý	84,04	4,40	19,00	-1,67	0,84	0,38	<b>1,91</b>
DP – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	77,31	7,27	23,17	-8,40	3,71	4,55	<b>10,25</b>
DP – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	75,05	8,81	26,28	-10,66	5,25	7,66	<b>14,14</b>
BPP – nestárnutý	94,87	0,04	6,25				
BPP – vlhké stárnutí	90,33	1,72	13,20	-4,54	1,68	6,95	<b>8,47</b>
BPP – suché stárnutí	90,64	1,33	17,43	-4,23	1,29	11,18	<b>12,02</b>
BPP – O <sub>3</sub> - nestárnutý	94,96	-0,05	5,99	0,09	-0,09	-0,26	<b>0,29</b>
BPP – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	90,17	1,76	12,71	-4,70	1,72	6,46	<b>8,17</b>
BPP – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	91,09	0,98	16,73	-3,78	0,94	10,48	<b>11,18</b>
W – nestárnutý	97,33	0,13	2,10				
W – vlhké stárnutí	94,92	0,70	6,08	-2,41	0,57	3,98	<b>4,69</b>
W – suché stárnutí	96,45	-0,08	5,66	-0,88	-0,21	3,56	<b>3,67</b>
W – O <sub>3</sub> - nestárnutý	97,40	0,14	2,11	0,07	0,01	0,01	<b>0,07</b>
W – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	94,91	0,71	6,28	-2,42	0,58	4,18	<b>4,86</b>
W – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	96,58	-0,07	5,22	-0,75	-0,2	3,12	<b>3,22</b>
ISO 9706 – nestárnutý	96,53	-0,13	4,55				
ISO 9706 – vlhké stárnutí	92,76	1,12	10,39	-3,77	1,25	5,84	<b>7,06</b>
ISO 9706 – suché stárnutí	94,59	-0,22	10,94	-1,94	-0,09	6,39	<b>6,68</b>
ISO 9706 – O <sub>3</sub> - nestárnutý	96,48	-0,18	4,62	-0,05	-0,05	0,07	<b>0,03</b>
ISO 9706 – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	93,09	1,00	9,73	-3,44	1,13	5,18	<b>6,32</b>
ISO 9706 – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	94,61	-0,11	10,65	-1,92	0,02	6,1	<b>6,40</b>
CTMP – nestárnutý	93,32	-0,56	13,42				
CTMP – vlhké stárnutí	84,63	4,08	21,50	-8,69	4,64	8,08	<b>12,74</b>
CTMP – suché stárnutí	85,60	4,15	24,13	-7,72	4,71	10,71	<b>14,02</b>
CTMP – O <sub>3</sub> - nestárnutý	93,03	-0,28	13,64	-0,29	0,28	0,22	<b>0,46</b>
CTMP – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	84,12	4,32	21,66	-9,2	4,88	8,24	<b>13,28</b>
CTMP – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	85,67	4,10	24,17	-7,65	4,66	10,75	<b>13,99</b>
MgBi – nestárnutý	95,48	-0,03	6,36				
MgBi – vlhké stárnutí	89,89	1,76	12,98	-5,59	1,79	6,62	<b>8,85</b>
MgBi – suché stárnutí	93,30	-0,15	13,83	-2,18	-0,12	7,47	<b>7,78</b>
MgBi – O <sub>3</sub> - nestárnutý	95,52	-0,11	6,65	0,04	-0,08	0,29	<b>0,30</b>
MgBi – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	89,92	1,69	12,83	-5,56	1,72	6,47	<b>8,70</b>
MgBi – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	93,50	-0,18	13,73	-1,98	-0,15	7,37	<b>7,63</b>

### 3.4. Stanovení dekoloračního čísla DC<sub>457</sub>

V tab. 2 je uvedena reflektivita při kritické tloušťce vzorku ( $R_{\infty}$ ), poměrový faktor K/S vypočtený z Kubelkovy-Munkovy rovnice a dekolorační číslo (DC<sub>457</sub>) vzorků po ozonizaci a umělém stárnutí. Z uvedených údajů vyplývá, že ozonizace nezpůsobuje významné změny tohoto parametru.

Tab. 2 Vliv ozonizace na dekoloračního čísla DC<sub>457</sub> jednotlivých druhů papírů.

Vzorek papíru	$R_{\infty}$	K/S	DC <sub>457</sub>
<b>DP – nestárnutý</b>	48,6	0,2718	
<b>DP – vlhké stárnutí</b>	30,3	0,8017	<b>-0,5299</b>
<b>DP – suché stárnutí</b>	23,2	1,2712	<b>-0,9994</b>
<b>DP – O<sub>3</sub> - nestárnutý</b>	48,1	0,2800	<b>-0,0082</b>
<b>DP – O<sub>3</sub> - vlhké stárnutí</b>	32,8	0,6884	<b>-0,4166</b>
<b>DP – O<sub>3</sub> - suché stárnutí</b>	31,5	0,7448	<b>-0,4730</b>
<b>BPP – nestárnutý</b>	79,3	0,0270	
<b>BPP – vlhké stárnutí</b>	62,9	0,1094	<b>-0,0824</b>
<b>BPP – suché stárnutí</b>	60,0	0,1333	<b>-0,1063</b>
<b>BPP – O<sub>3</sub> - nestárnutý</b>	78,9	0,0282	<b>-0,0012</b>
<b>BPP – O<sub>3</sub> - vlhké stárnutí</b>	62,4	0,1133	<b>-0,0863</b>
<b>BPP – O<sub>3</sub> - suché stárnutí</b>	61,1	0,1238	<b>-0,0968</b>
<b>W – nestárnutý</b>	93,0	0,0026	
<b>W – vlhké stárnutí</b>	79,8	0,0256	<b>-0,0230</b>
<b>W – suché stárnutí</b>	83,8	0,0157	<b>-0,0131</b>
<b>W – O<sub>3</sub> - nestárnutý</b>	91,8	0,0037	<b>-0,0011</b>
<b>W – O<sub>3</sub> - vlhké stárnutí</b>	79,3	0,0270	<b>-0,0244</b>
<b>W – O<sub>3</sub> - suché stárnutí</b>	84,5	0,0142	<b>-0,0116</b>
<b>ISO 9706 – nestárnutý</b>	86,5	0,0105	
<b>ISO 9706 – vlhké stárnutí</b>	71,5	0,0568	<b>-0,0543</b>
<b>ISO 9706 – suché stárnutí</b>	75,4	0,0401	<b>-0,0296</b>
<b>ISO 9706 – O<sub>3</sub> - nestárnutý</b>	86,8	0,0100	<b>+0,0005</b>
<b>ISO 9706 – O<sub>3</sub> - vlhké stárnutí</b>	73,1	0,0494	<b>-0,0389</b>
<b>ISO 9706 – O<sub>3</sub> - suché stárnutí</b>	75,7	0,0390	<b>-0,0285</b>
<b>CTMP – nestárnutý</b>	66,7	0,0831	
<b>CTMP – vlhké stárnutí</b>	47,7	0,2867	<b>-0,2036</b>
<b>CTMP – suché stárnutí</b>	45,2	0,3322	<b>-0,2491</b>
<b>CTMP – O<sub>3</sub> - nestárnutý</b>	67,0	0,0813	<b>+0,0018</b>
<b>CTMP – O<sub>3</sub> - vlhké stárnutí</b>	46,3	0,3114	<b>-0,2283</b>
<b>CTMP – O<sub>3</sub> - suché stárnutí</b>	46,3	0,3114	<b>-0,2283</b>
<b>MgBi – nestárnutý</b>	73,0	0,0499	
<b>MgBi – vlhké stárnutí</b>	59,2	0,1406	<b>-0,0907</b>
<b>MgBi – suché stárnutí</b>	60,9	0,1255	<b>-0,0756</b>
<b>MgBi – O<sub>3</sub> - nestárnutý</b>	73,1	0,0495	<b>+0,0004</b>
<b>MgBi – O<sub>3</sub> - vlhké stárnutí</b>	58,6	0,1462	<b>-0,0963</b>
<b>MgBi – O<sub>3</sub> - suché stárnutí</b>	62,2	0,1149	<b>-0,0650</b>

### 3.5 pH vodného extraktu

V *tab. 4* jsou uvedeny hodnoty pH vodného extraktu vzorků papírů po ozonizaci a umělém stárnutí. Vliv ozonu na pH studeného extraktu je prakticky zanedbatelný.

**Tab. 3** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na celkovou pH vodného extraktu jednotlivých druhů papírů.

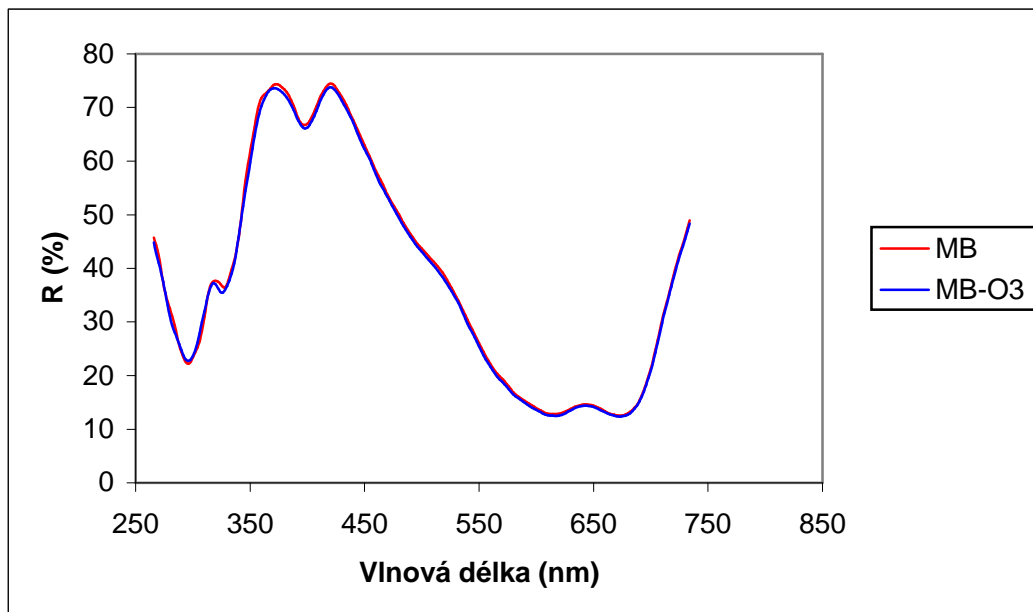
Vzorek papíru	Nestárnutý	Vlhké stárnutí	Suché stárnutí
DP	4,57	4,29	3,95
DP – O <sub>3</sub>	4,30	4,55	4,31
BPP	5,84	5,25	4,75
BPP – O <sub>3</sub>	5,16	4,58	4,72
W	6,30	6,30	6,03
W – O <sub>3</sub>	6,25	6,17	6,07
ISO 9706	8,75	8,57	8,55
ISO 9706 – O <sub>3</sub>	8,90	8,59	8,58
CTMP	6,60	6,23	6,14
CTMP – O <sub>3</sub>	6,60	6,34	6,31
MgBi	7,45	6,70	6,53
MgBi – O <sub>3</sub>	7,36	6,90	6,40

### 3.6 Vliv ozonizace na stabilitu arylmetanových barviv

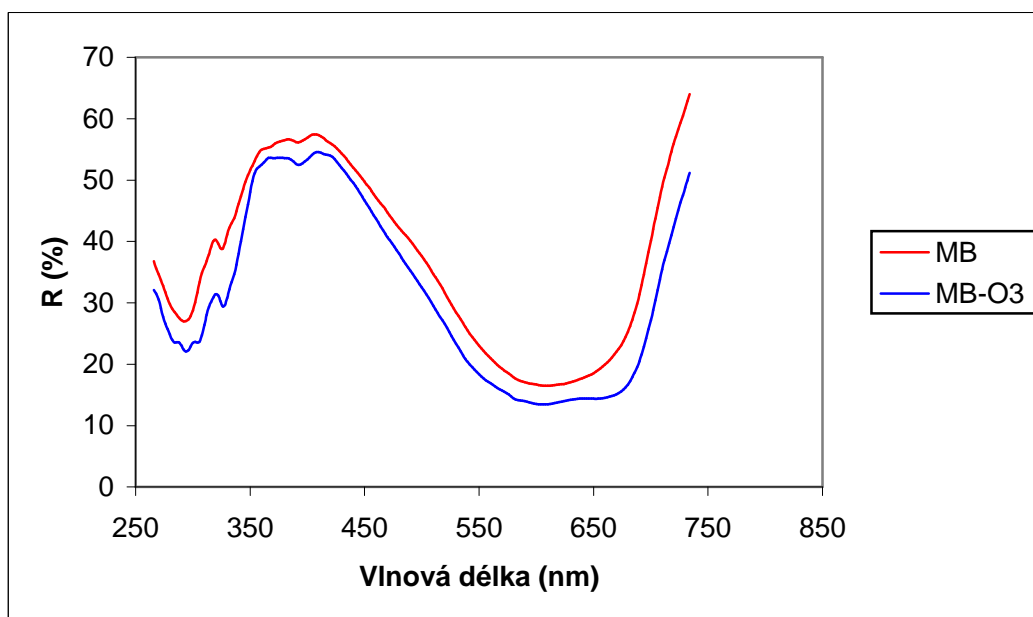
#### 3.6.1 Reflexní UV/VIS spektra

Na *obr. 42 až 56* jsou uvedena reflexní spektra ve viditelné a ultrafialové oblasti (UV/VIS) některých arylmetanových barviv po ozonizaci a umělém stárnutí suchým a vlhkým teplem. Z obrázků je patrné, že ozonizace zásadně neovlivňuje průběh křivek reflexních spekter jednotlivých barviv.

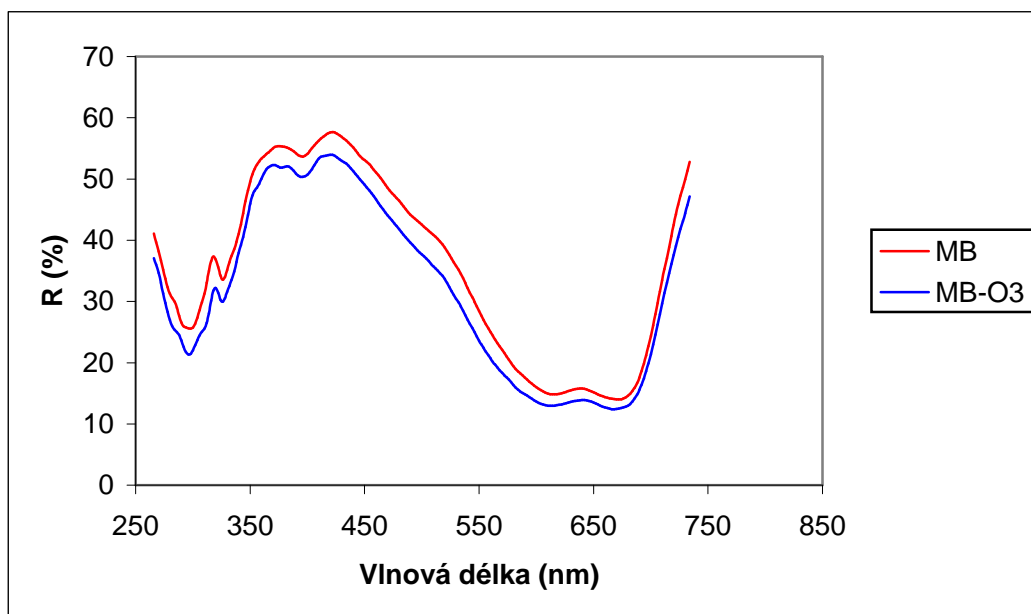
Je možné konstatovat, že ozonizace má minimální nebo žádný vliv na stabilitu studovaných arylmetanových barviv.



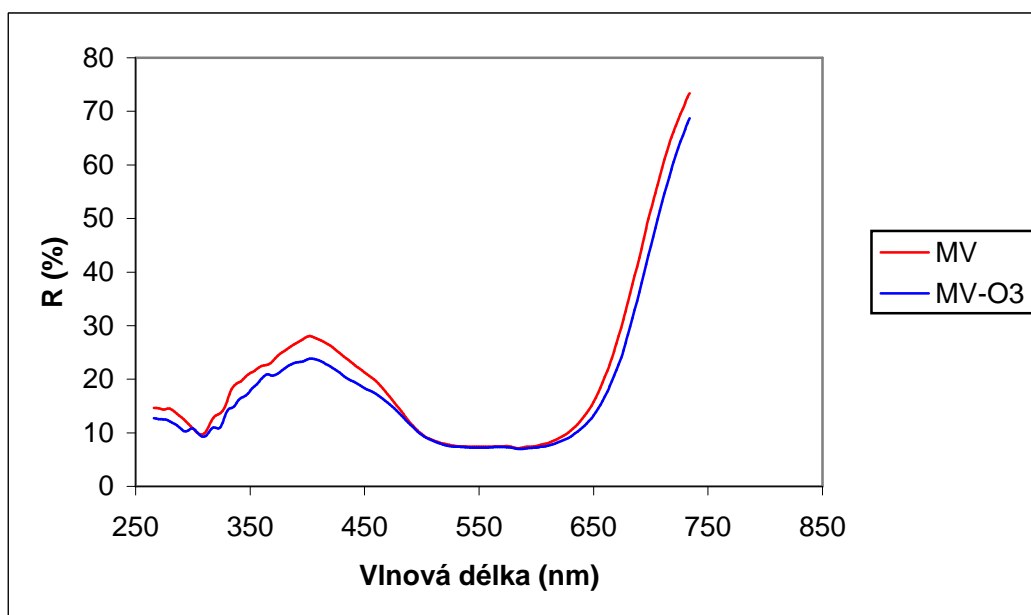
**Obr. 42** Vliv ozonizace na UV/VIS reflexní spektra barviva Basic Blue 6



**Obr. 43** Vliv ozonizace a umělého stárnutí suchým teplem na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Basic Blue 6

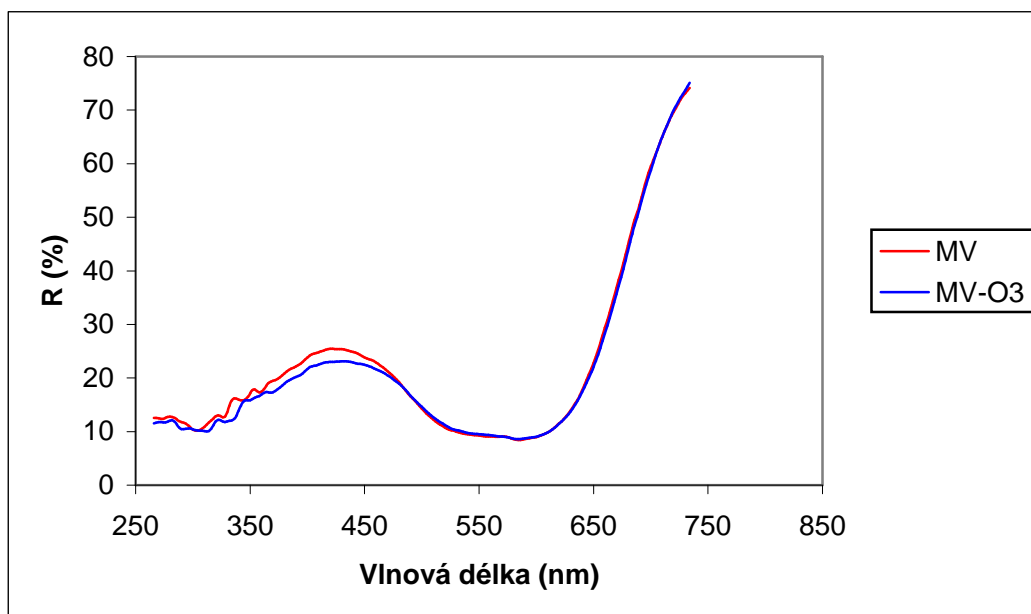


**Obr. 44** Vliv ozonizace a umělého stárnutí vlhkým teplem na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Basic Blue 6

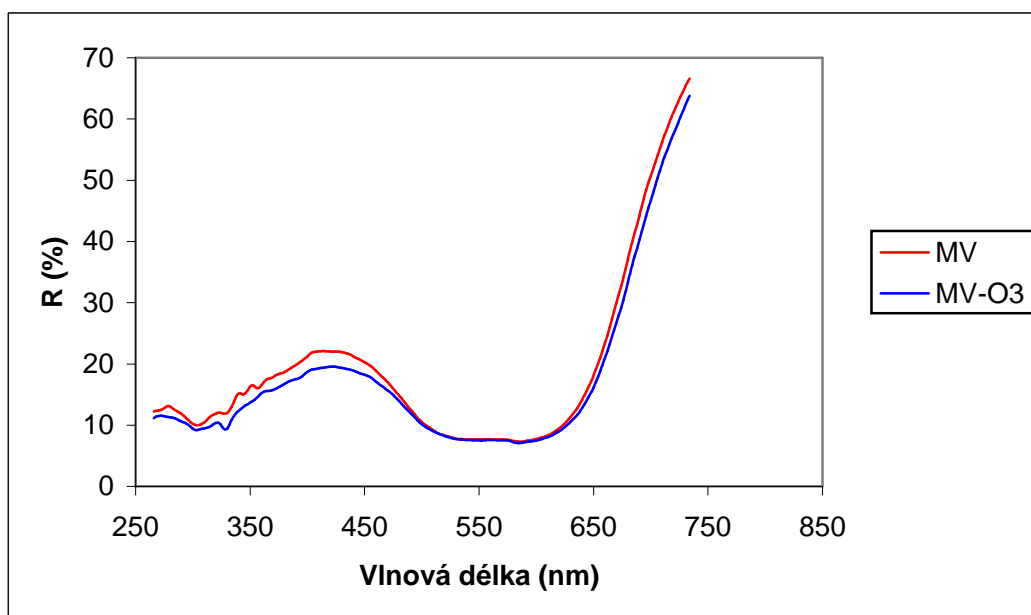


**Obr. 45** Vliv ozonizace na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Basic Violet 1

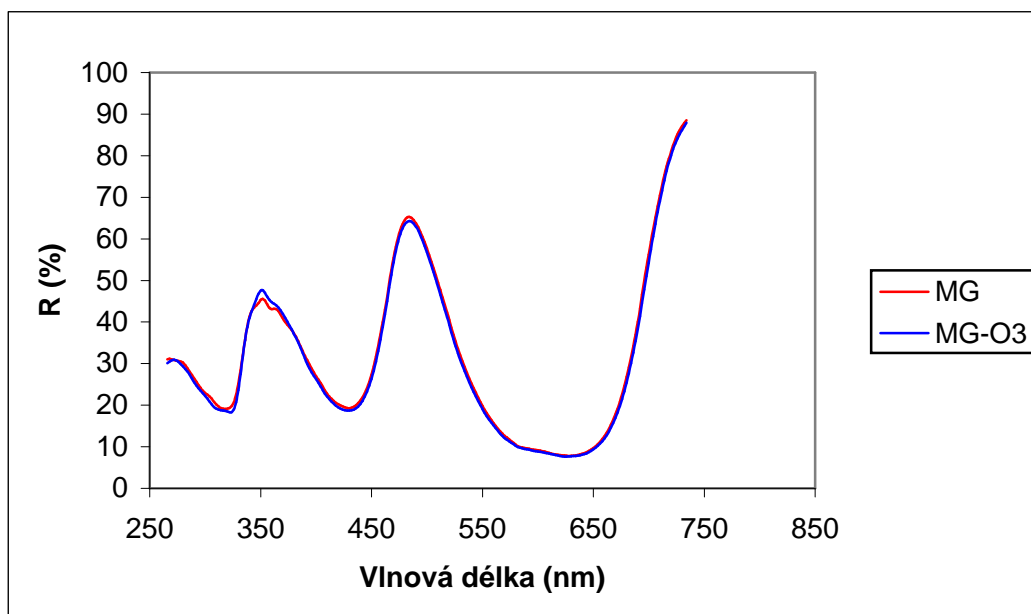




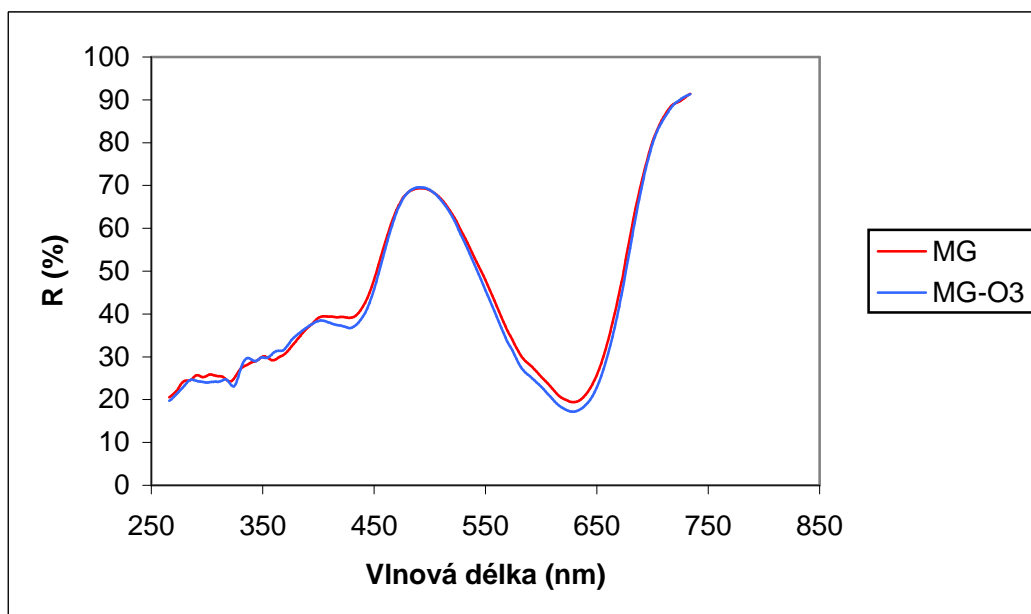
**Obr. 46** Vliv ozonizace a umělého stárnutí suchým teplem na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Basic Violet 1



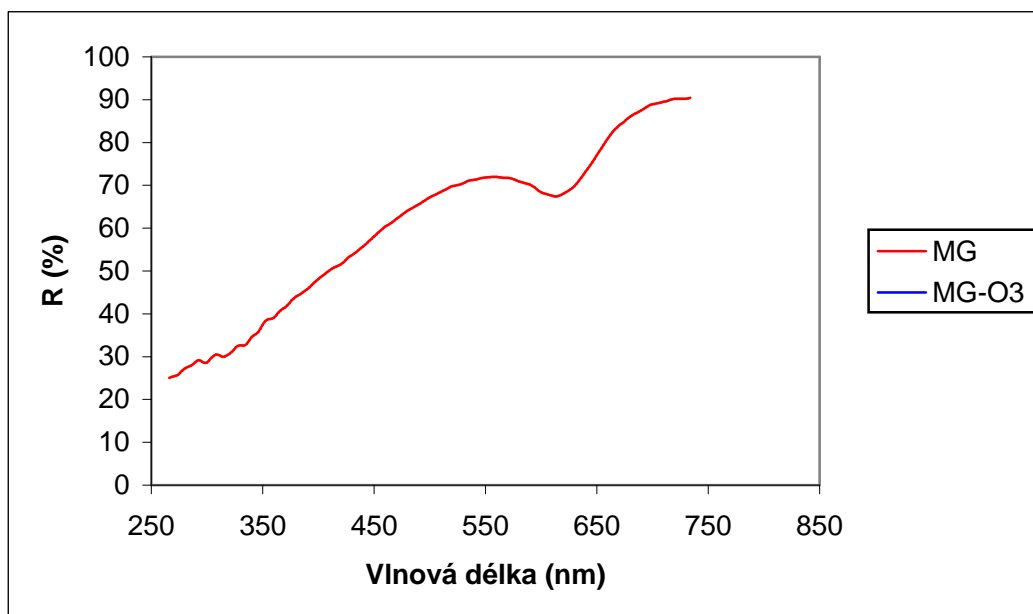
**Obr. 47** Vliv ozonizace a umělého stárnutí vlhkým teplem na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Basic Violet 1



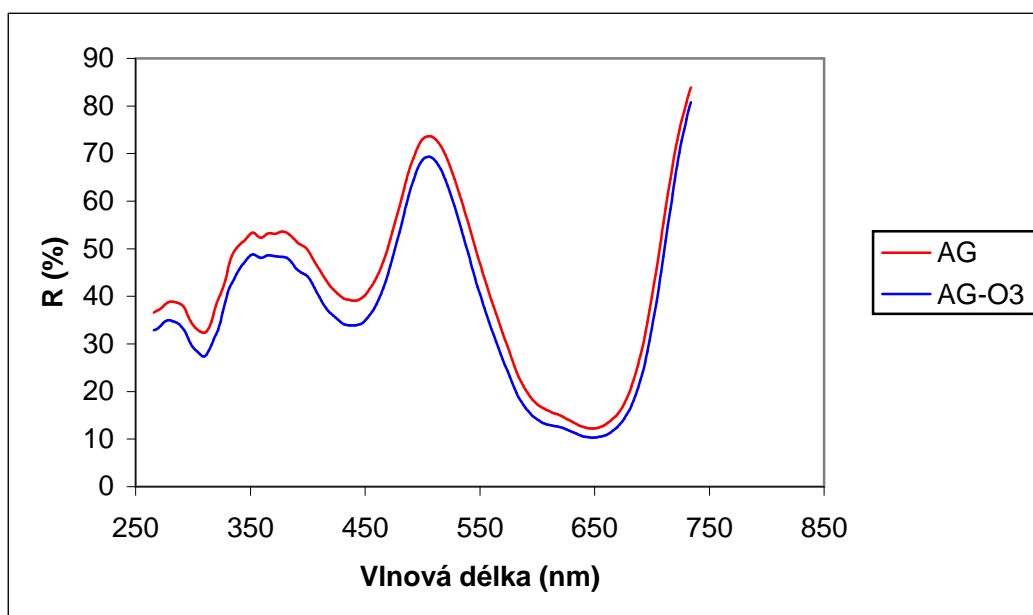
**Obr. 48** Vliv ozonizace na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Malachit Green



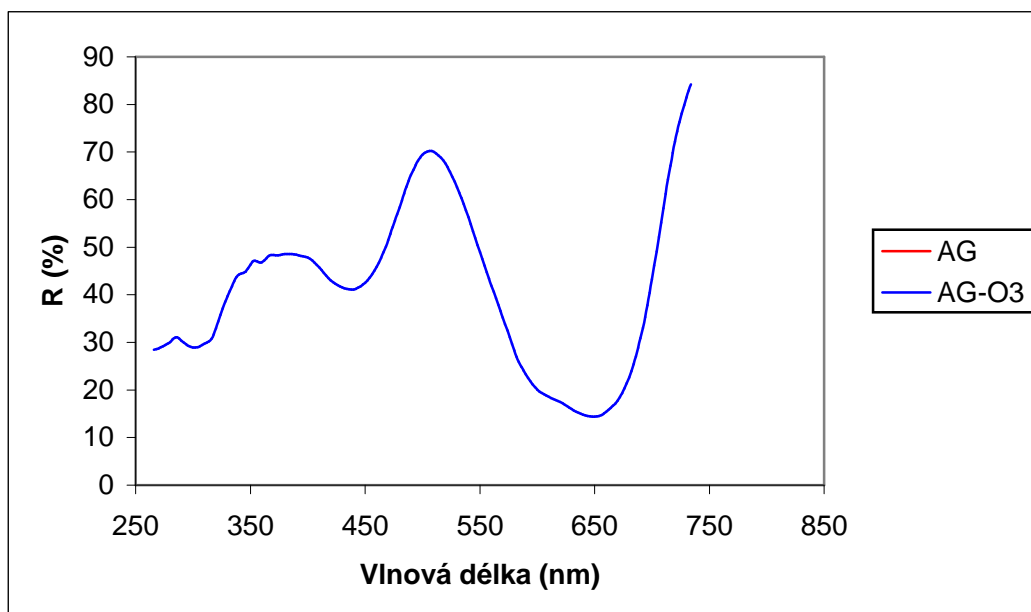
**Obr. 49** Vliv ozonizace a umělého stárnutí suchým teplem na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Malachit Green



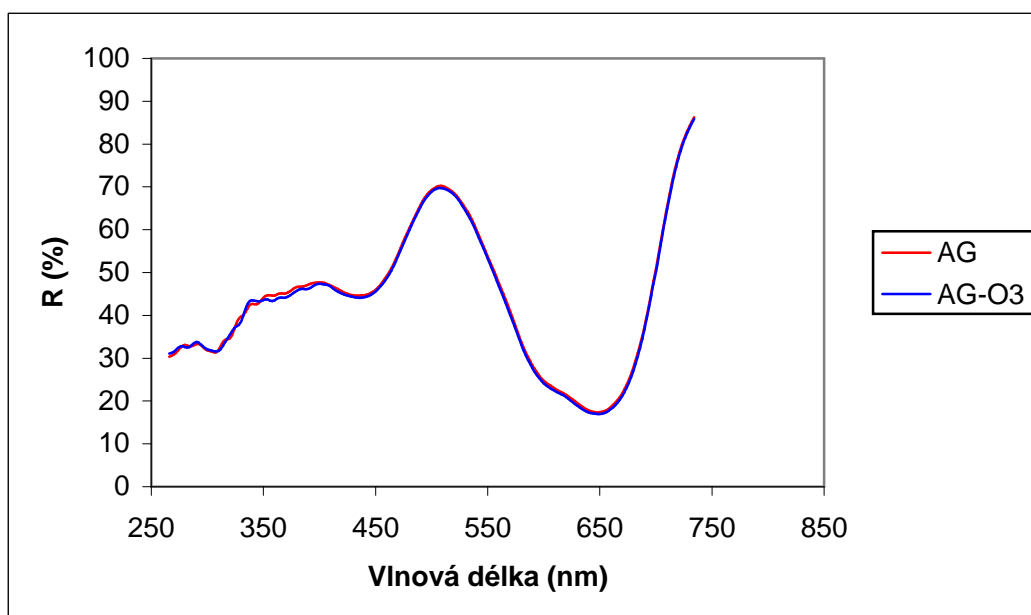
**Obr. 50** Vliv ozonizace a umělého stárnutí vlhkým teplem na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Malachit Green



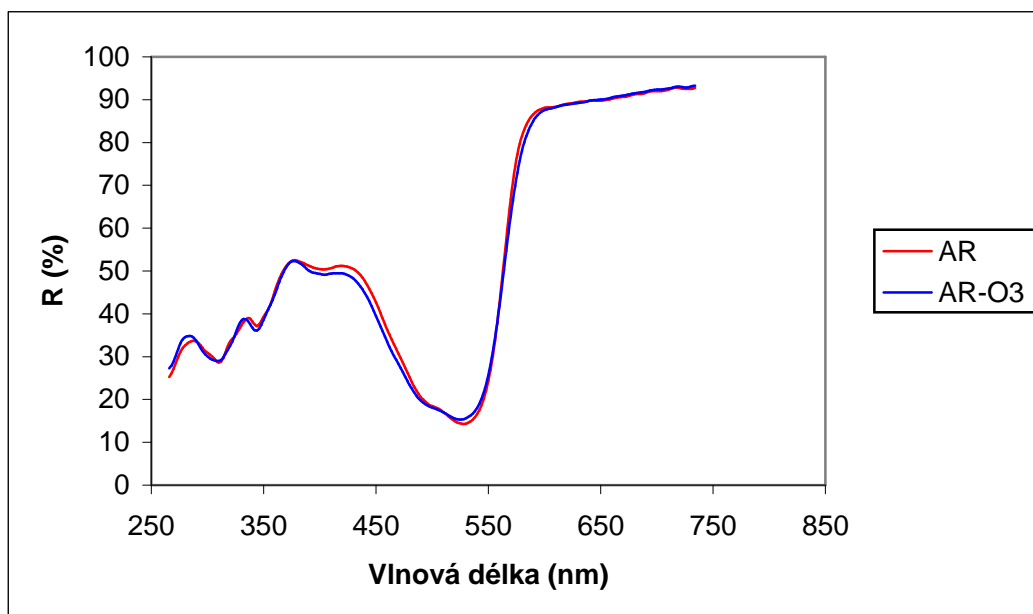
**Obr. 51** Vliv ozonizace na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Acid Green 16



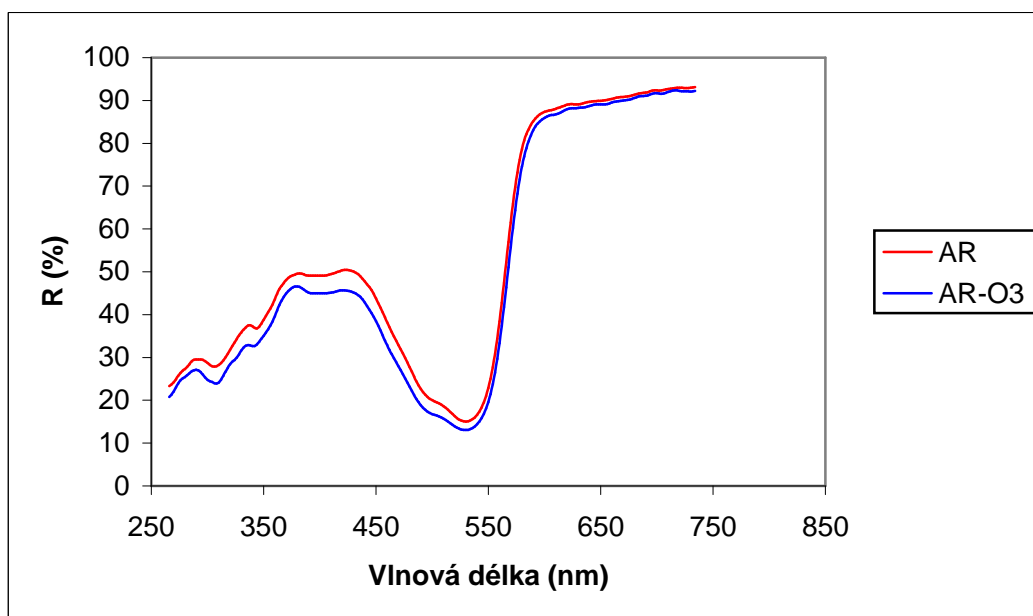
**Obr. 52** Vliv ozonizace a umělého stárnutí suchým teplem na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Acid Green 16



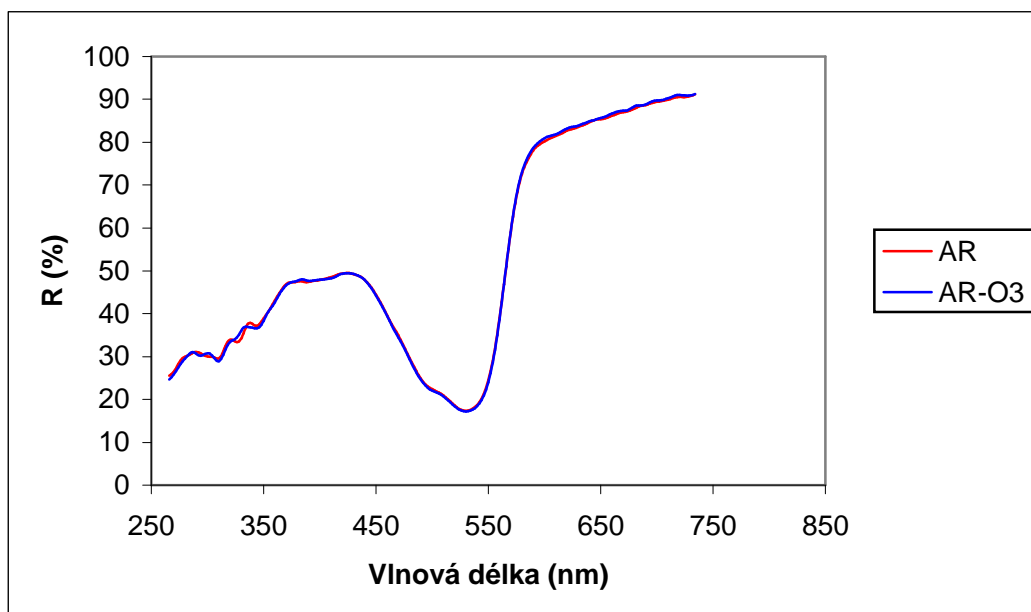
**Obr. 53** Vliv ozonizace a umělého stárnutí vlhkým teplem na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Acid Green 16



**Obr. 54** Vliv ozonizace na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Acid Red 87



**Obr. 55** Vliv ozonizace a umělého stárnutí suchým teplem na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Acid Red 87



**Obr. 56** Vliv ozonizace a umělého stárnutí vlhkým teplem na UV/VIS reflexní spektra arylmetanového barviva Acid Red 87

### 3.6.2 Celková barevná diference $\Delta E^*$

Z údajů celkové barevné diference  $\Delta E^*$  arylmetanových barev po ozonizaci a umělém stárnutí uvedených v *tab. 3*, je patrné, že ozonizace nijak neovlivňuje jednotlivá barviva.

**Tab. 4** Vliv ozonizace a umělého stárnutí na celkovou barevnou diference  $\Delta E^*$  jednotlivých druhů arylmetanových barviv.

Vzorek papíru	$\Delta E^*$
Basic Blue 6 – vlhké stárnutí	9,58
Basic Blue 6 – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	9,20
Basic Blue 6 – suché stárnutí	9,07
Basic Blue 6 – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	9,10
Basic Violet 1 – vlhké stárnutí	6,60
Basic Violet 1 – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	9,30
Basic Violet 1 – suché stárnutí	10,09
Basic Violet 1 – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	9,84
Malachit Green – vlhké stárnutí	59,19
Malachit Green – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	60,39
Malachit Green – suché stárnutí	23,11
Malachit Green – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	23,72
Acid Green 16 – vlhké stárnutí	11,33
Acid Green 16 – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	10,36
Acid Green 16 – suché stárnutí	5,21
Acid Green 16 – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	4,98
Acid Red 87 – vlhké stárnutí	5,96
Acid Red 87 – O <sub>3</sub> - vlhké stárnutí	5,97
Acid Red 87 – suché stárnutí	2,24
Acid Red 87 – O <sub>3</sub> - suché stárnutí	2,58

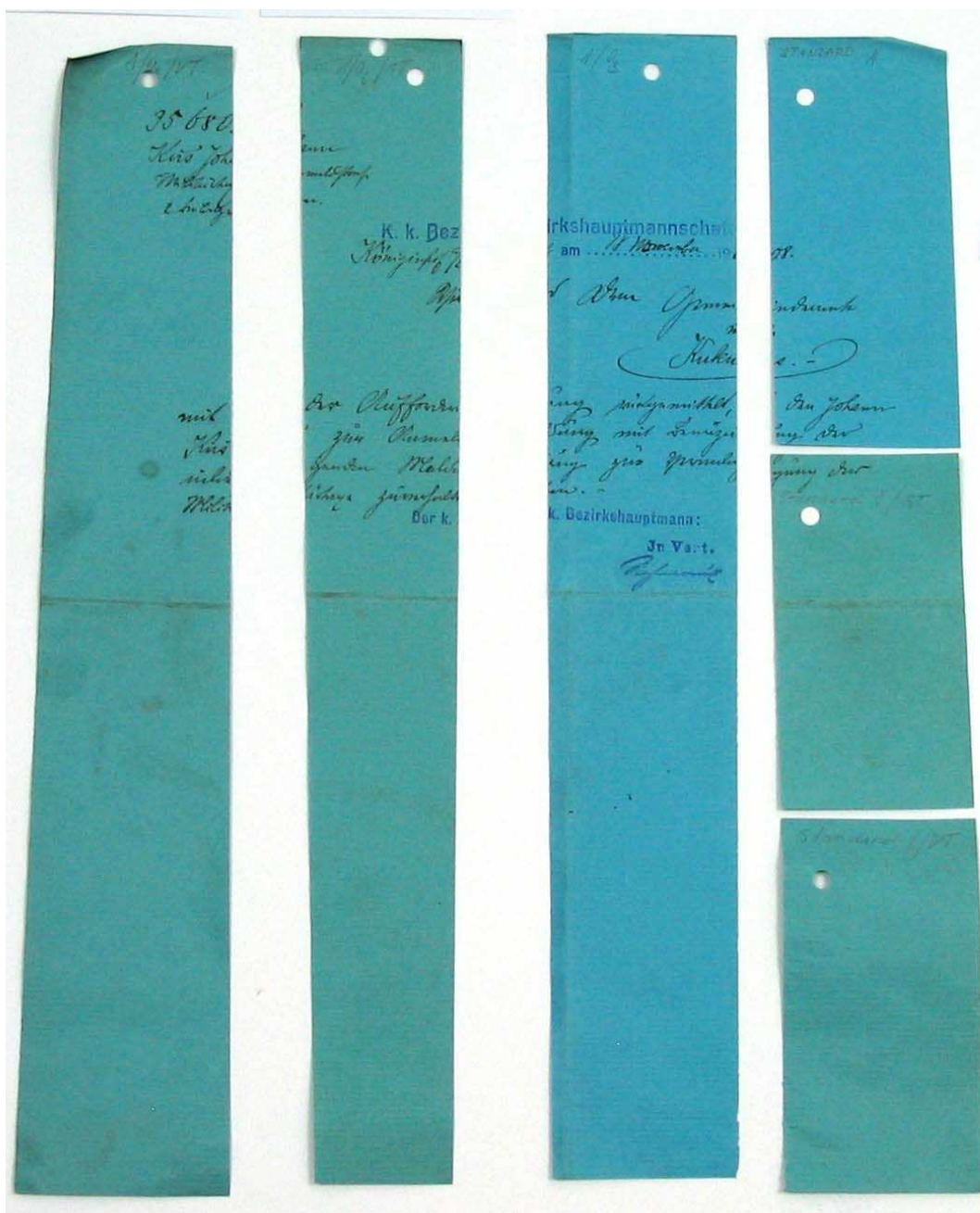
### 3.7 Vizuální hodnocení změn barevnosti archivních dokumentů

#### 3.7.1 Vizuální hodnocení změn barevnosti archivních dokumentů

Pro vizuální porovnání vlivu ozonizace a umělého stárnutí na archivní dokumenty z 19. a 20. století byly tyto dokumenty seřazeny dle následujícího schématu a vyfotografovány (vzorky č. 1 až 14):

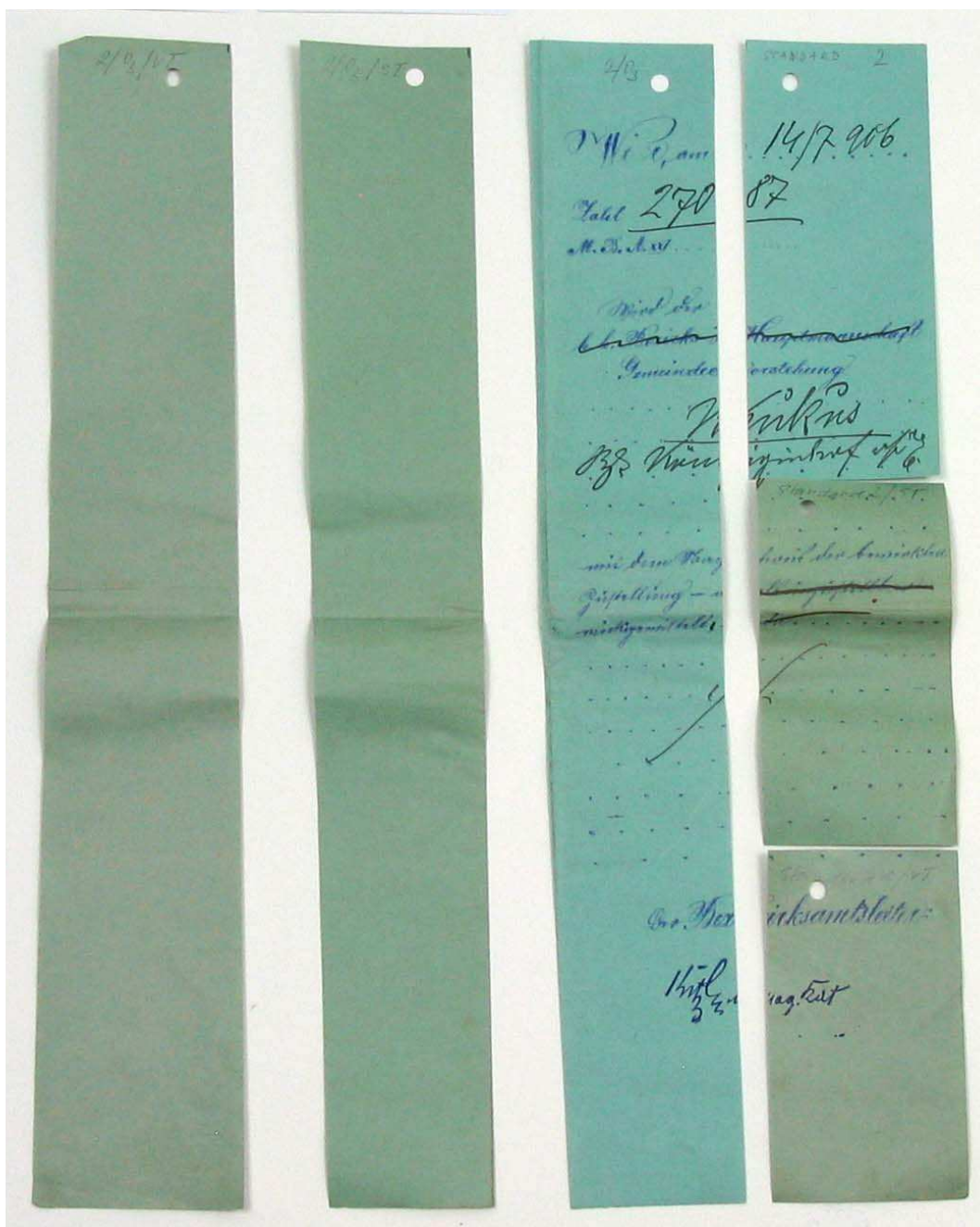
1 <i>ozonizace, vlhké stárnutí</i>	2 <i>ozonizace, suché stárnutí</i>	3 <i>ozonizace, nestárnutý</i>	4 <i>standard, nestárnutý</i>
			5 <i>standard, suché stárnutí</i>
			6 <i>standard, vlhké stárnutí</i>

Vzorek č. 1

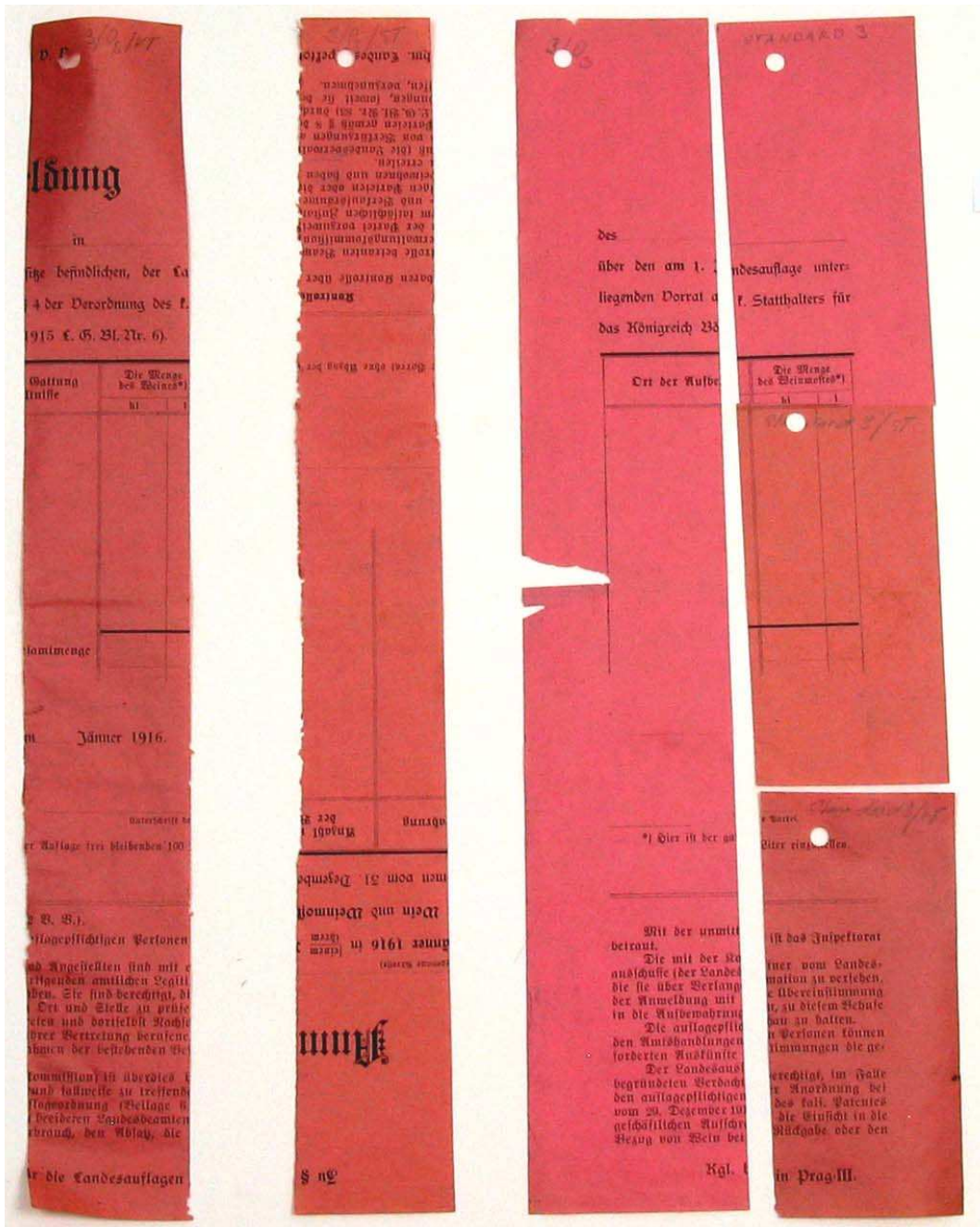




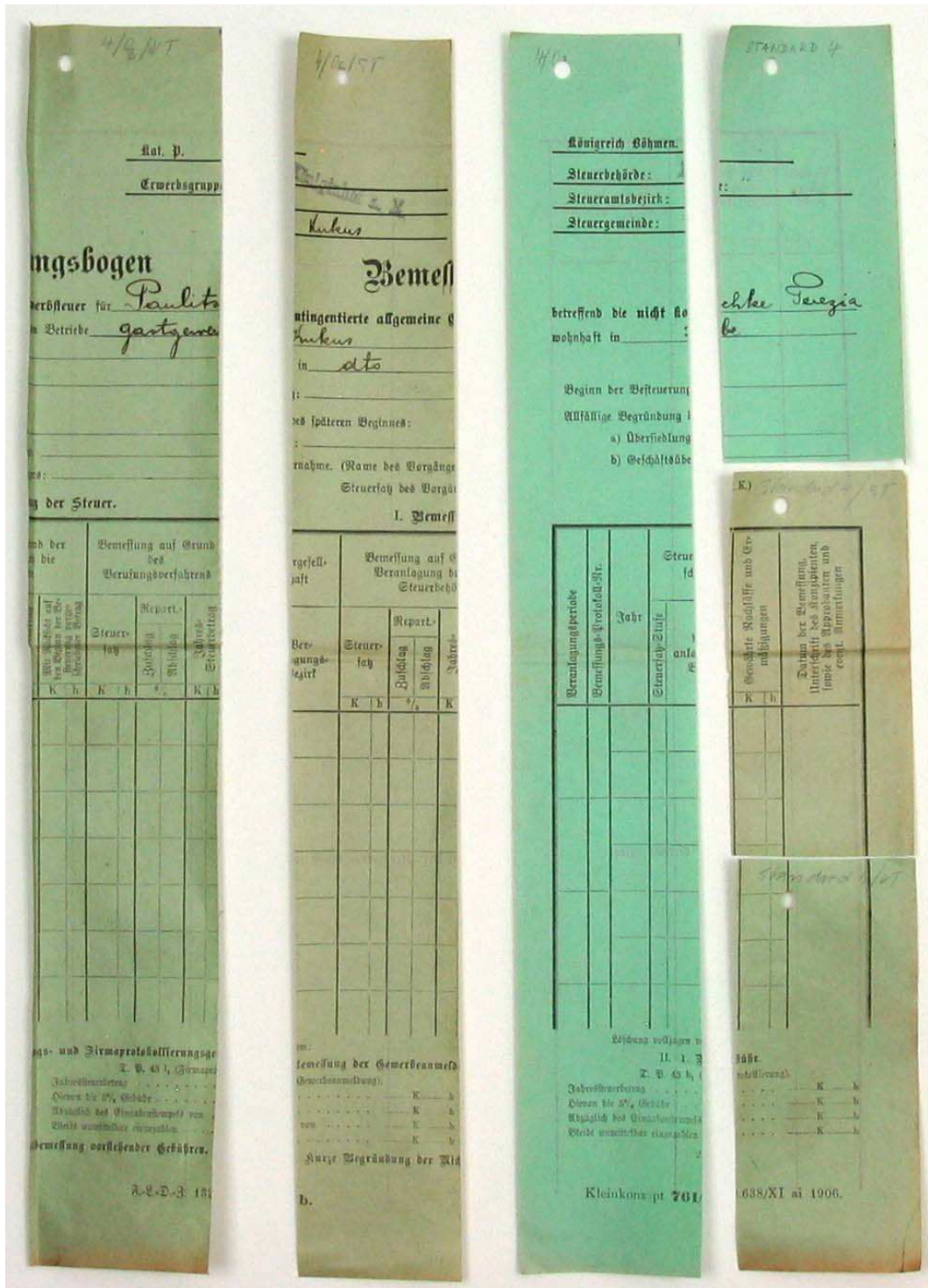
Vzorek č. 2



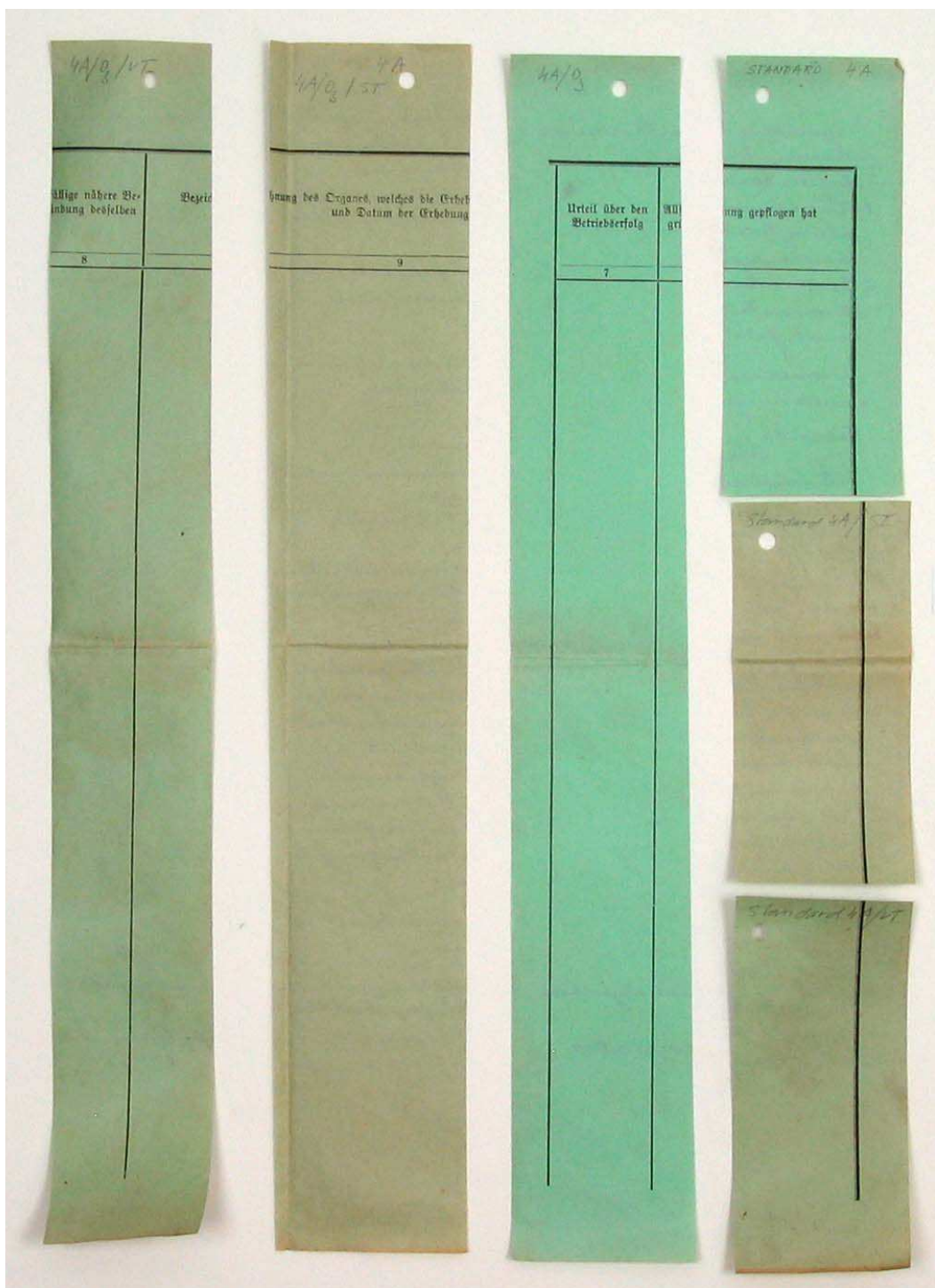
Vzorek č. 3



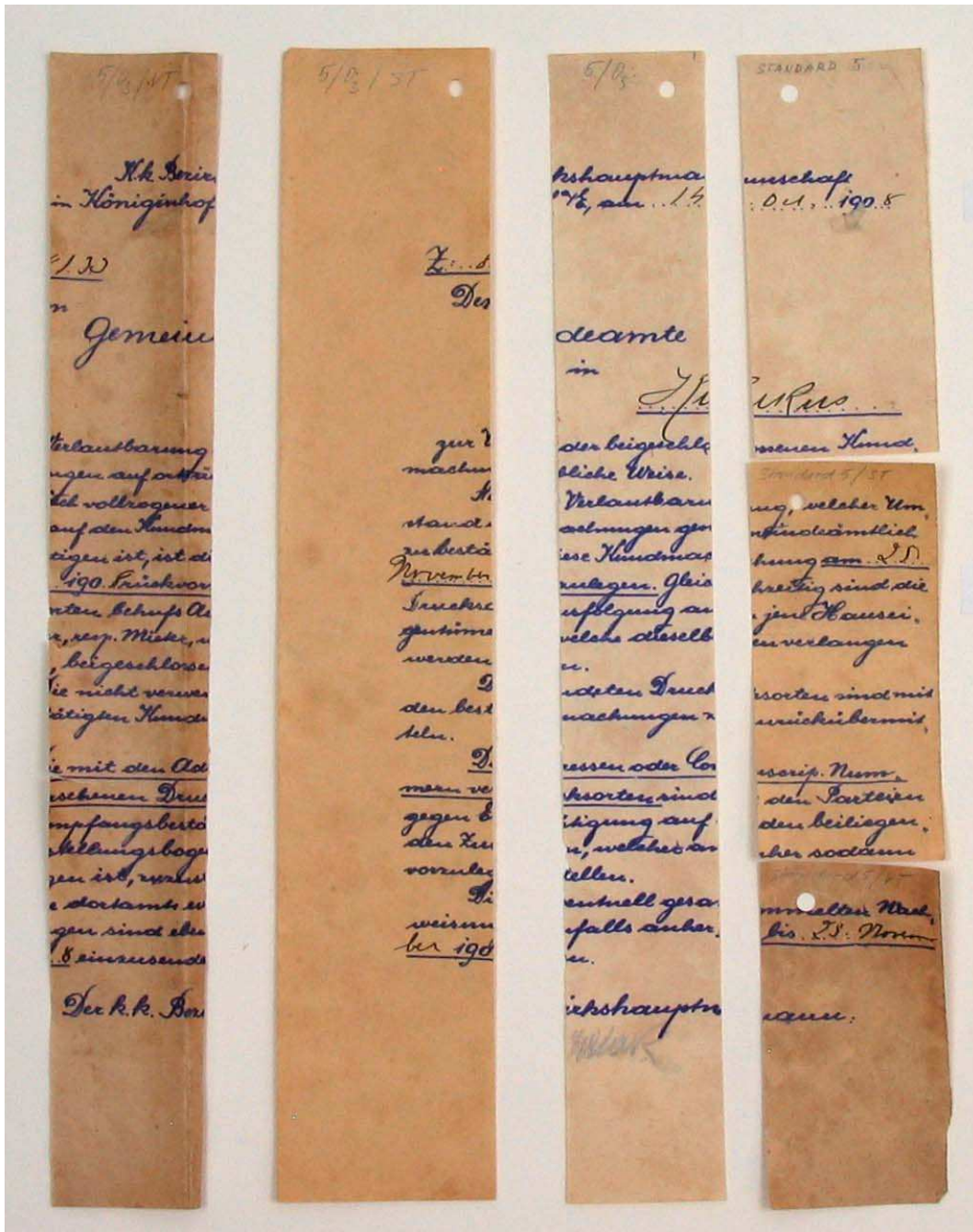
Vzorek č. 4



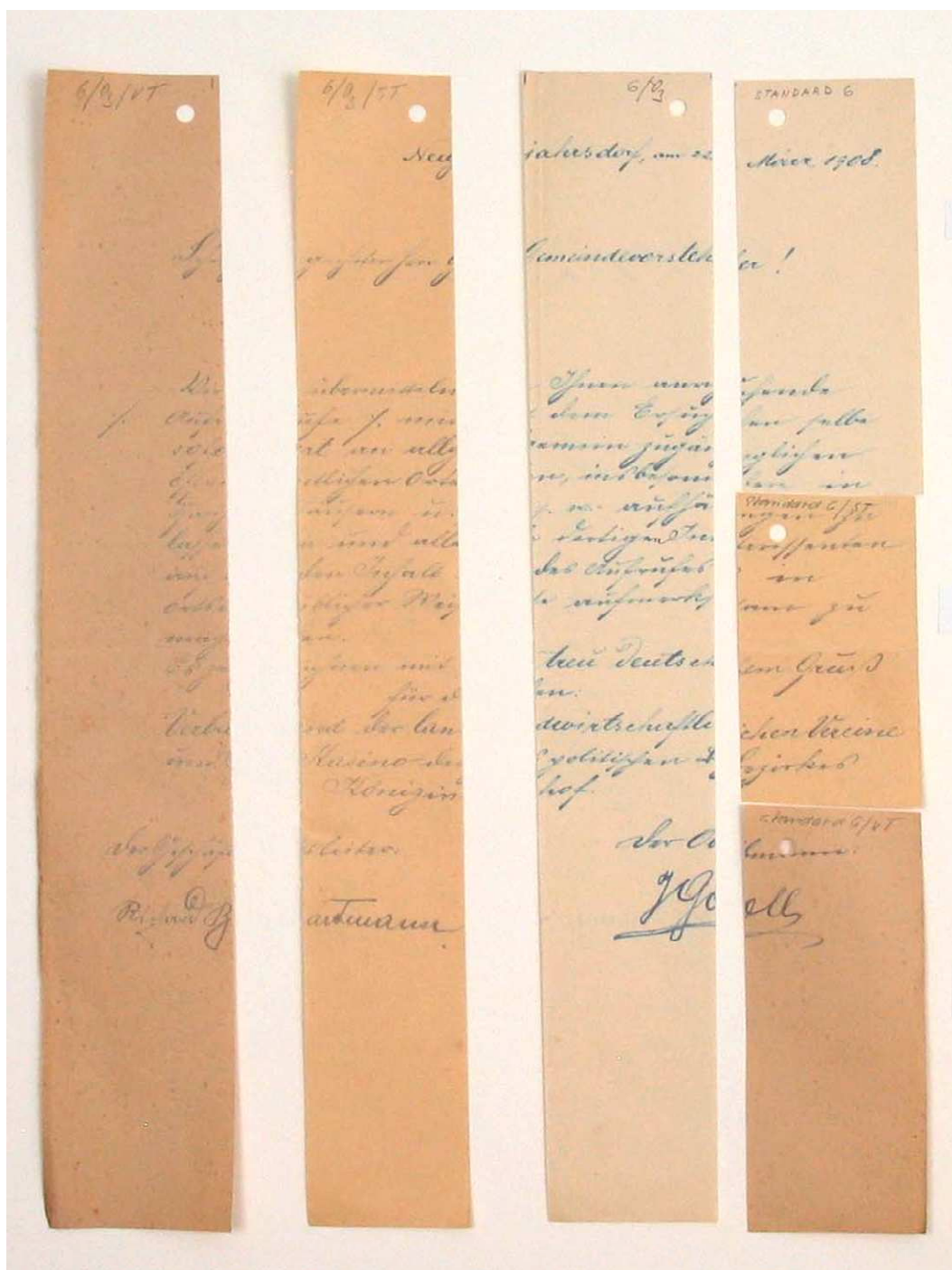
Vzorek č. 4a



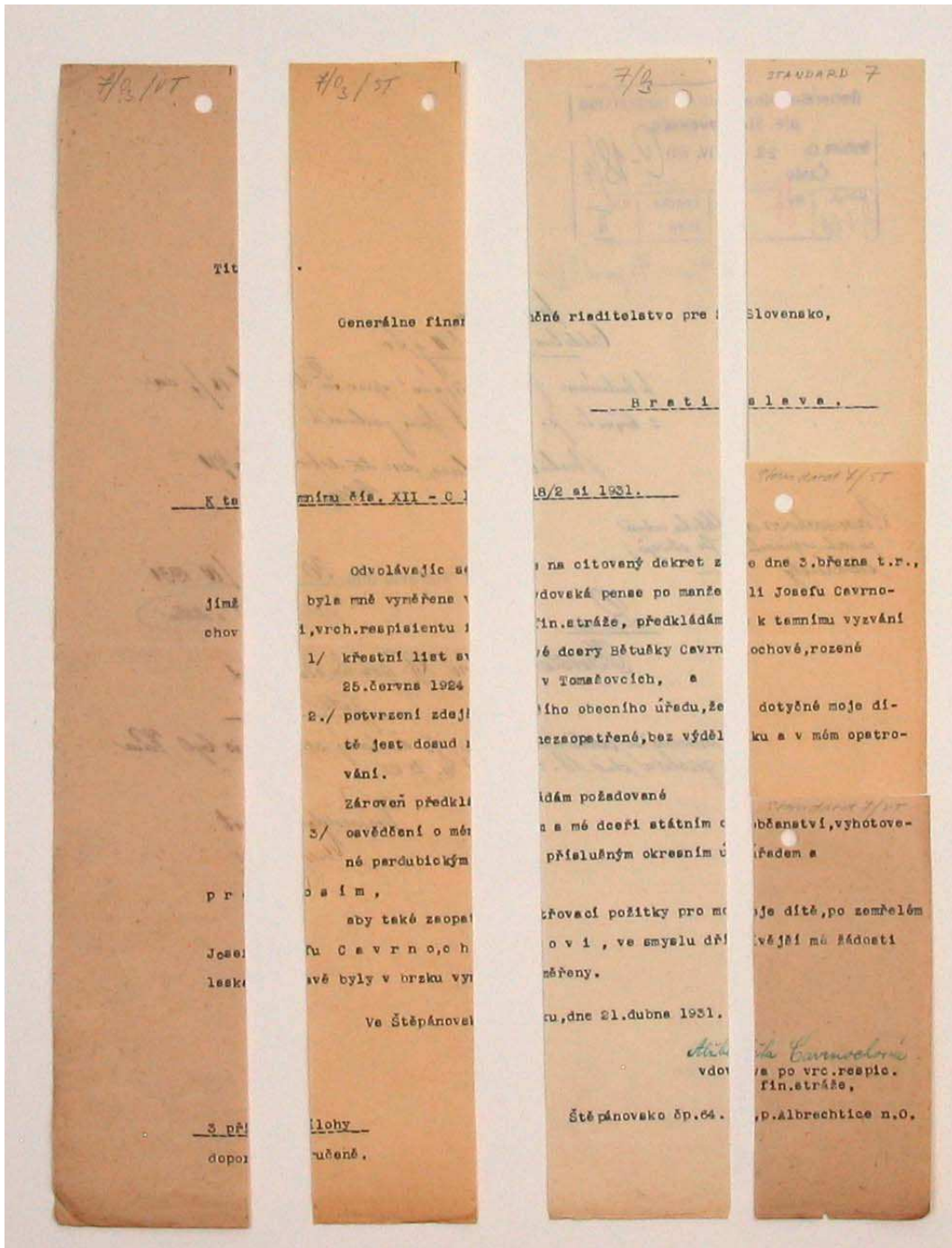
Vzorek č. 5



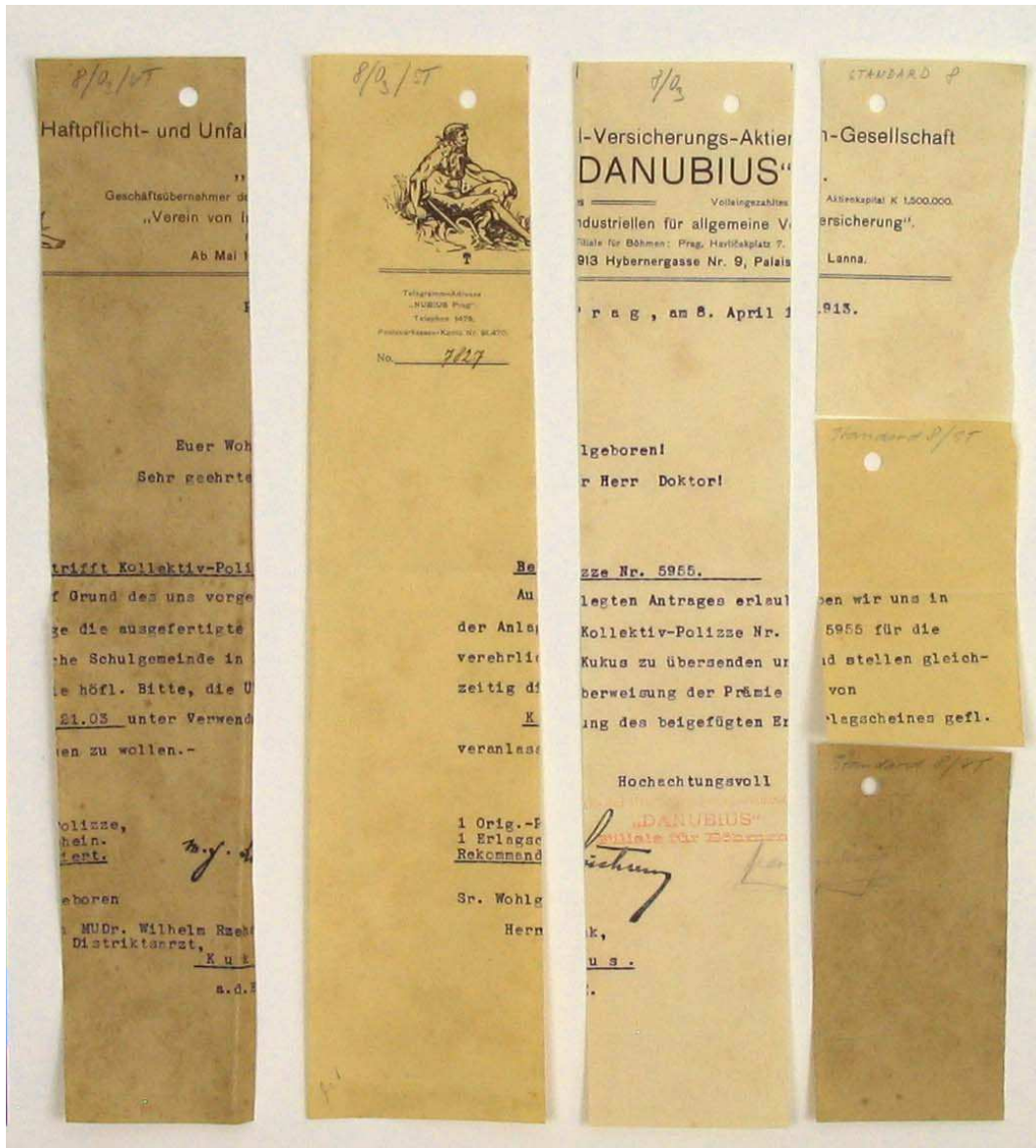
Vzorek č. 6



Vzorek č. 7

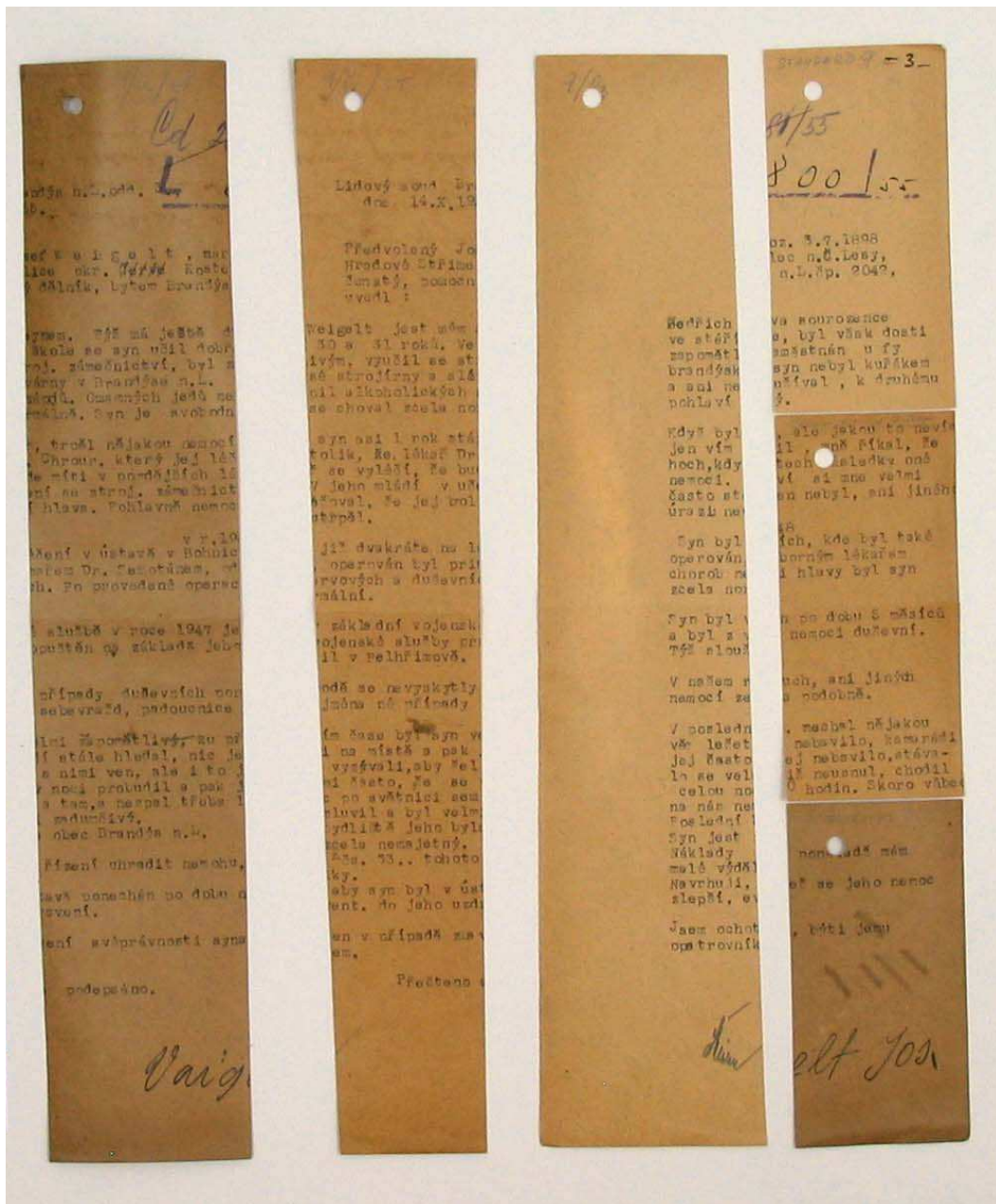


Vzorek č. 8

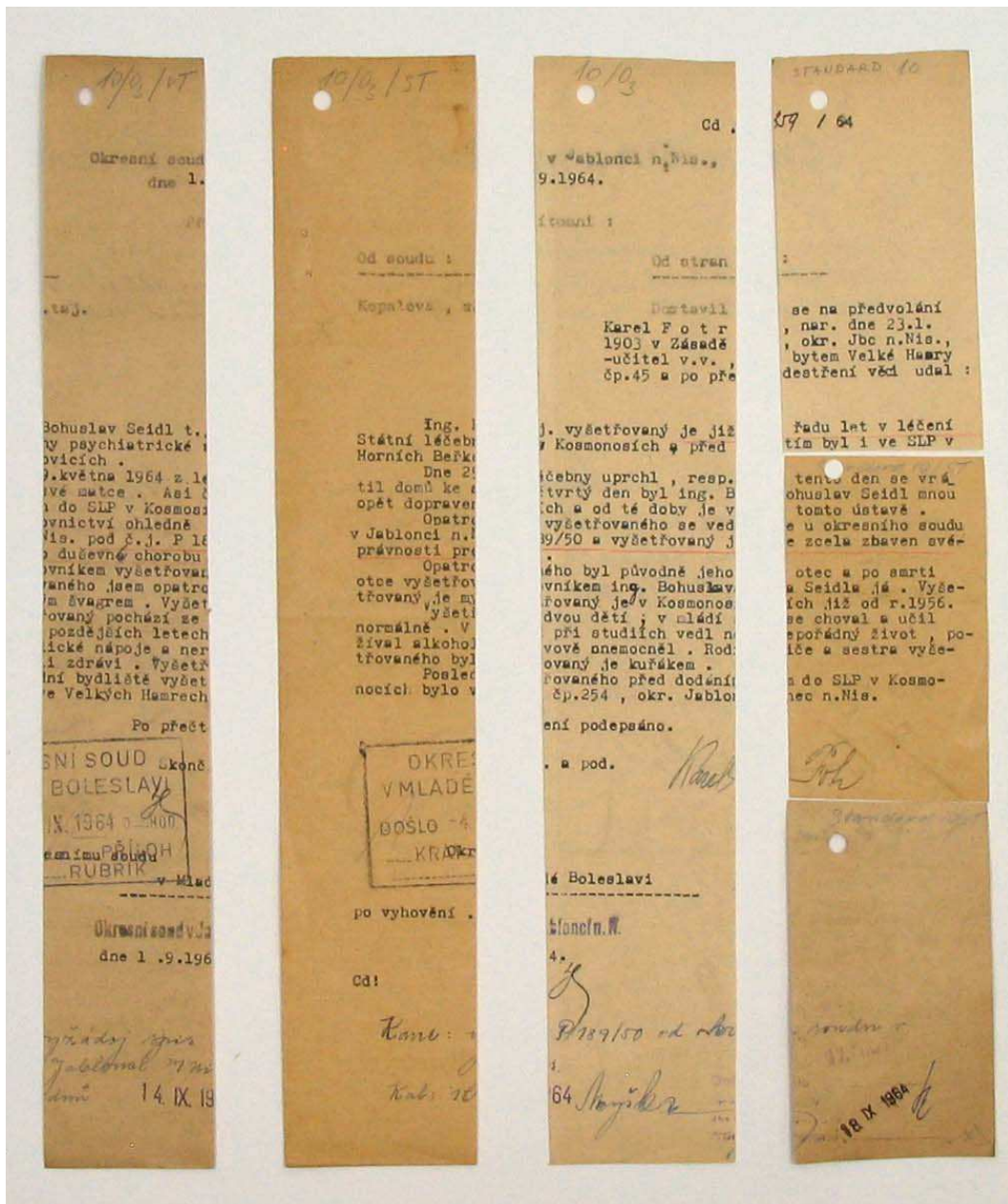




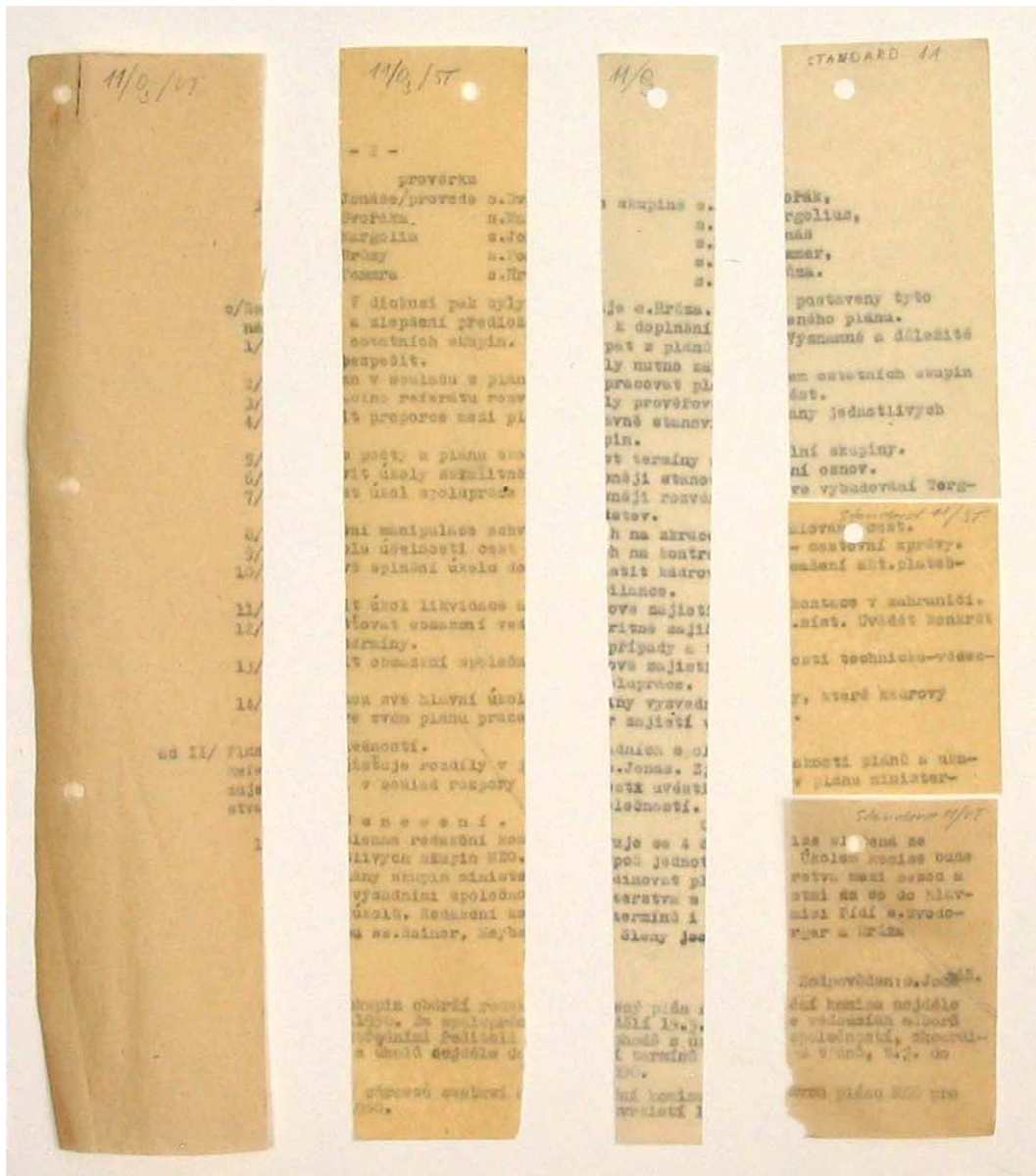
Vzorek č. 9



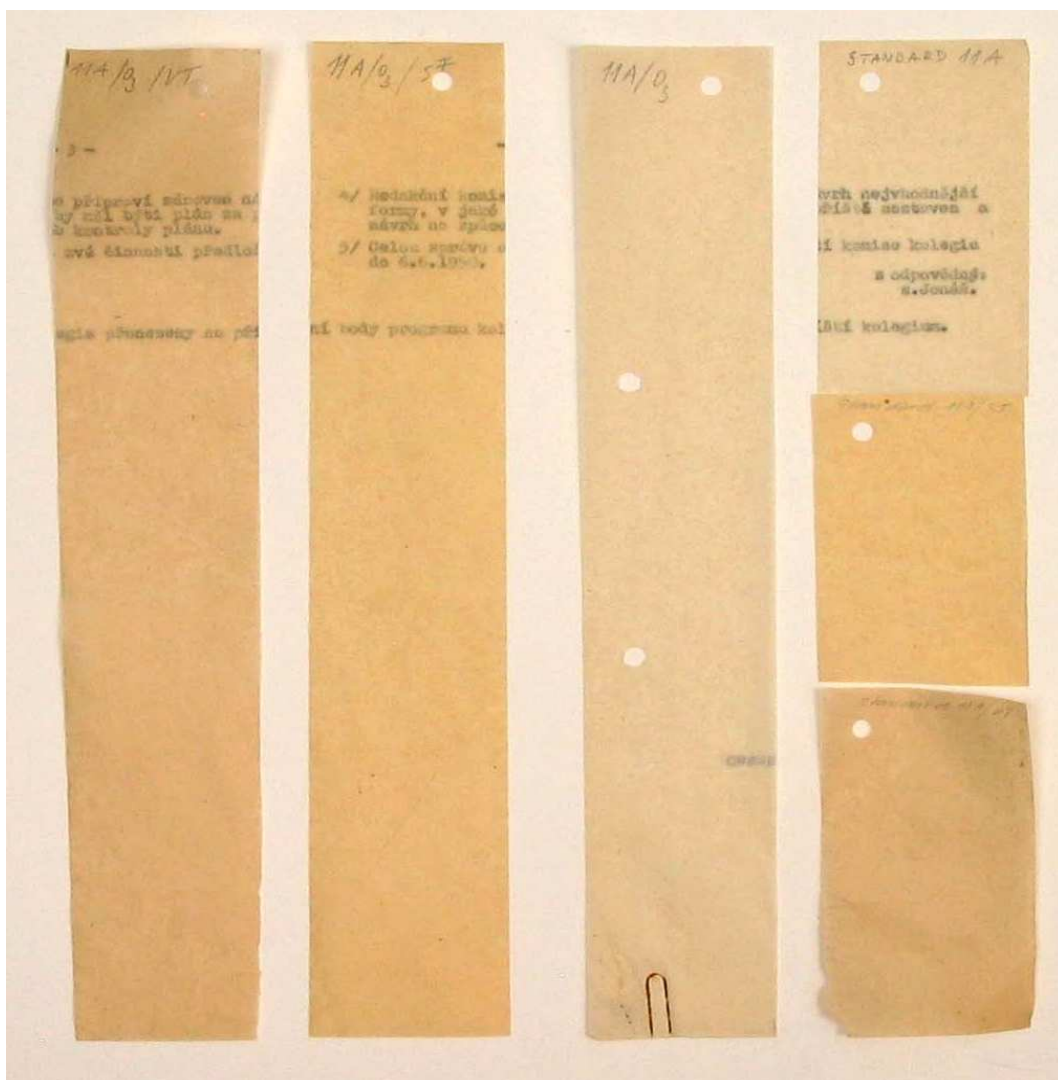
Vzorek č. 10



Vzorek č. 11



Vzorek č. 11a



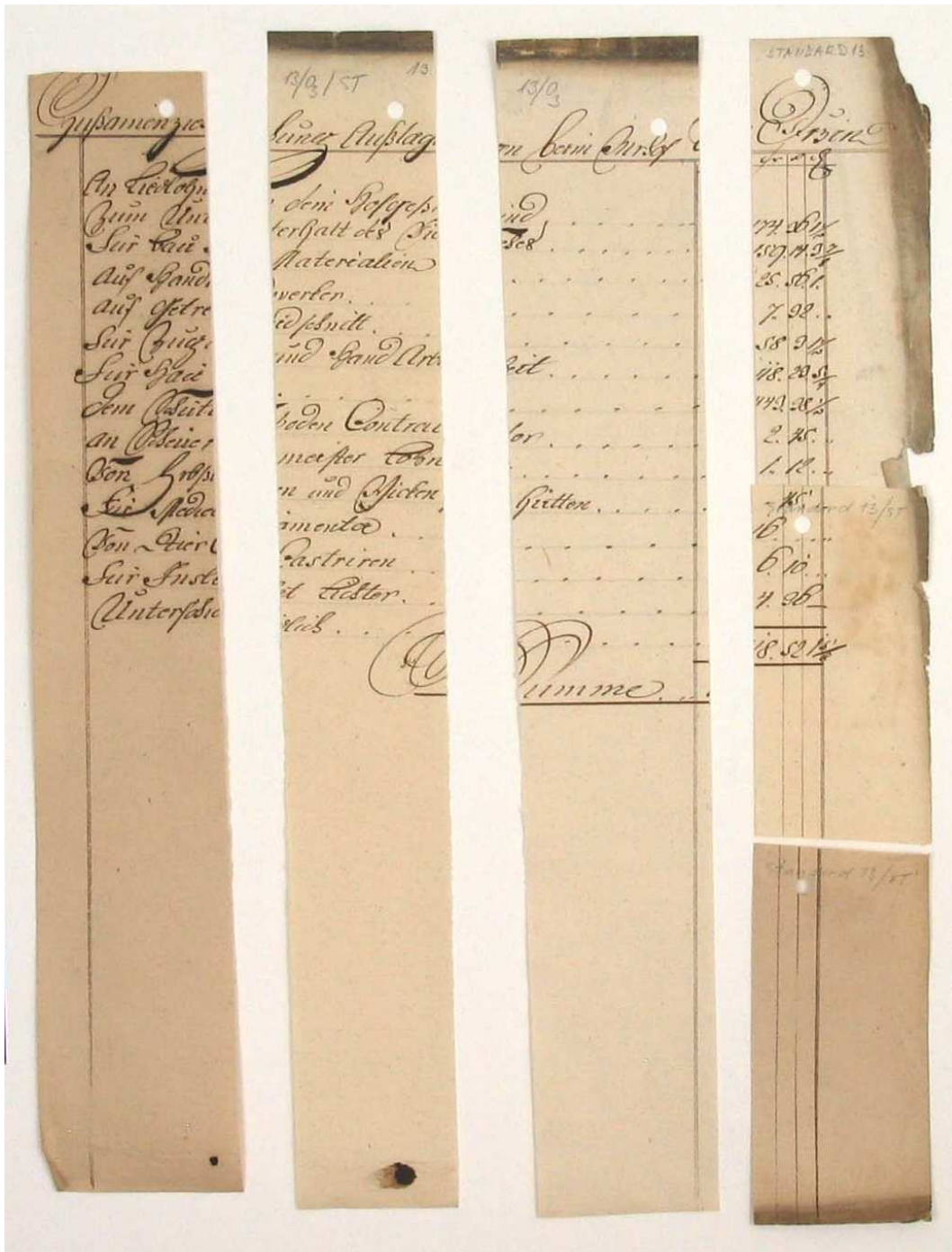
Vzorek č. 12

Jahrgang 1873			Jahrgang			Protokolle, Zahl der Erledigung		Tag der erfolgten Abfrage des Empfangsbriefs an die requirierende Behörde unter Angabe der betreffenden Reichs- und Postanfangs-Journale	
Umfang-Bezeichnung des Gegenstands, die ihm zur Erlangung der ersten Zustellung übergeben wurde, unter Angabe des Tages und des Umfangs	Tag der Zustellung	Umfang-Bezeichnung der Beschlüsse über den Inhalt des Beschlusses, unter Angabe des Tages und des Umfangs	Name der Partei	Ort der Beschlüsse	Zahl der Beschlüsse	Merkmal	Erledigung		Tag
							an welcher Stelle	an welcher Stelle	
...	17/1873	...	...	...	...	1	2702	abg. d. g. ...	am 14/1873 ...
...	11/1873	...	...	...	...	2	1319	...	am 27/73 ...
...	22/73	...	...	...	...	3	1111	abg. d. g. ...	am 24/1873 ...
...	14/1873	...	...	...	...	4	7603	abg. d. g. ...	am 24/1873 ...
...	...	...	...	...	...	5	1773	...	...
...	15/1873	...	...	...	...	6	1392	abg. d. g. ...	am 15/1873 ...
...	2/73	...	...	...	...	7	168	abg. d. g. ...	am 2/1873 ...
...	2/1873	...	...	...	...	8	234	abg. d. g. ...	am 2/1873 ...
...	2/1873	...	...	...	...	9	2215	abg. d. g. ...	am 2/73 ...
...	14/1873	...	...	...	...	10	2924	...	am 14/73 ...
...	12/73	...	...	...	...	11	1871	abg. d. g. ...	am 12/73 ...
...	...	...	...	...	...	12	2925	abg. d. g. ...	am 12/73 ...
...	2/73	...	...	...	...	13	243	abg. d. g. ...	am 2/1873 ...
...	12/1873	...	...	...	...	14	732	abg. d. g. ...	am 12/1873 ...
...	2/1873	...	...	...	...	15	102	abg. d. g. ...	am 2/1873 ...
...	14/1873	...	...	...	...	16	2501	abg. d. g. ...	am 14/1873 ...
...	2/1873	...	...	...	...	17	281	abg. d. g. ...	am 2/1873 ...

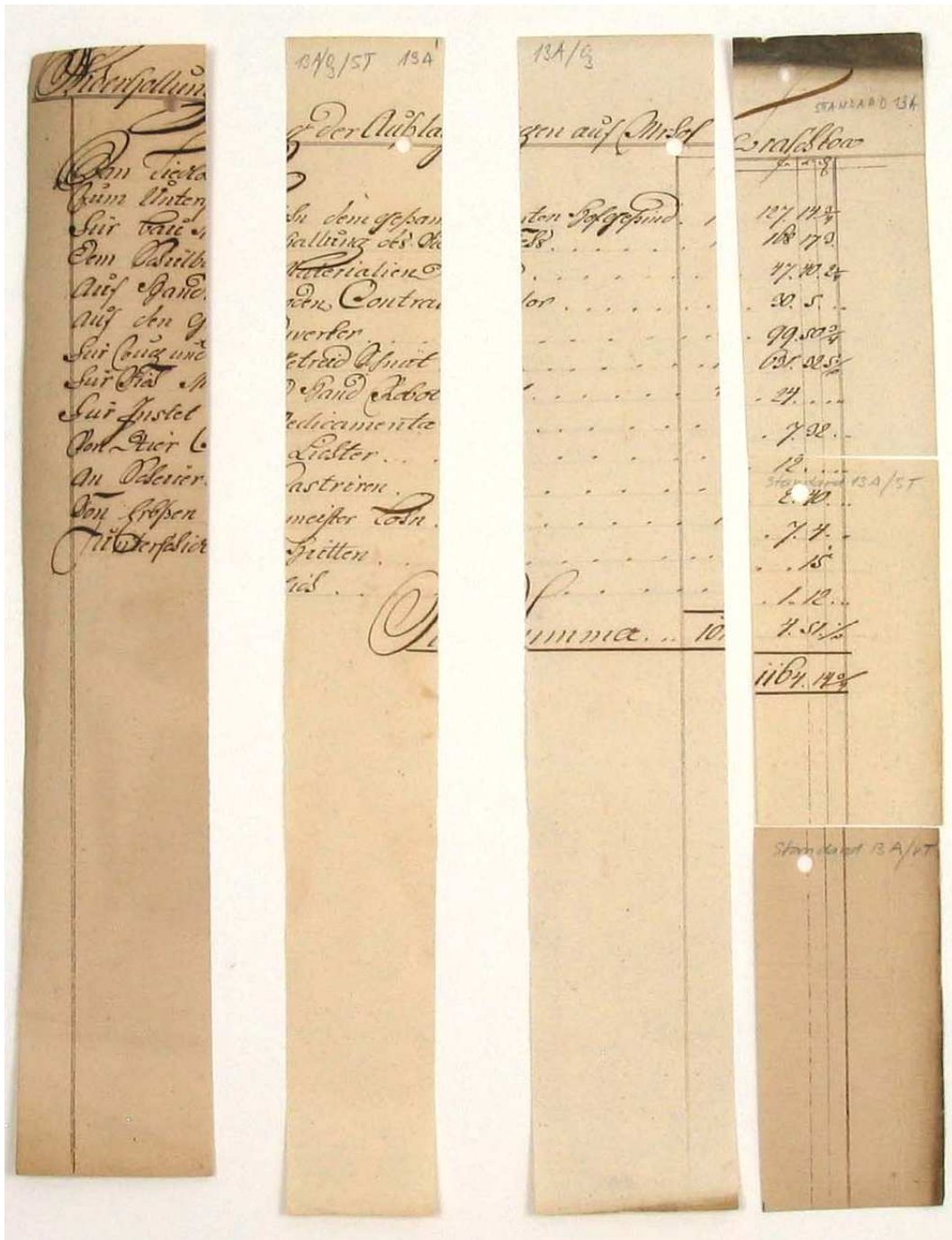
Vzorek č. 12a

Zabrga		12/10/17		12/10/17		STANDARD 12A	
Rame	Artel	Metbenahl	Protokoll-Zahl der Erledigung		Tag der Zustellung	Empfangs- Bestätigung der Korrekturen über den Hauptabdruck übergebenen Empfangsbeleg unter Angabe des Tages der Empfangs	Tag der erfolgten Abtragung des Empfangsbelegs an die requisirte Behörde unter Angabe der treffenden Korrekturen des Bestandtheils-Journals
			mit welcher sich der ein- gelagerte Empfangs- beleg bezieht	welche über eine andere insultieren unter Angabe der requisirten Behörde			
Handwritten	Handwritten	67	2244	Handwritten	18/10/17	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	68	5909	Handwritten	12/10/17	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	69	2090	Handwritten	17/10/17	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	70	5910	Handwritten	21/10/17	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	71	3490	Handwritten	22/10/17	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	72	4695	Handwritten	21/10/17	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	73	3700	Handwritten	Handwritten	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	74	5605	Handwritten	17/10/17	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	75	6415	Handwritten	21/10/17	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	76	5100	Handwritten	17/10/17	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	77	1465	Handwritten	Handwritten	Handwritten	Handwritten
Handwritten	Handwritten	78	5215	Handwritten	22/10/17	Handwritten	Handwritten
			6315				

Vzorek č. 13

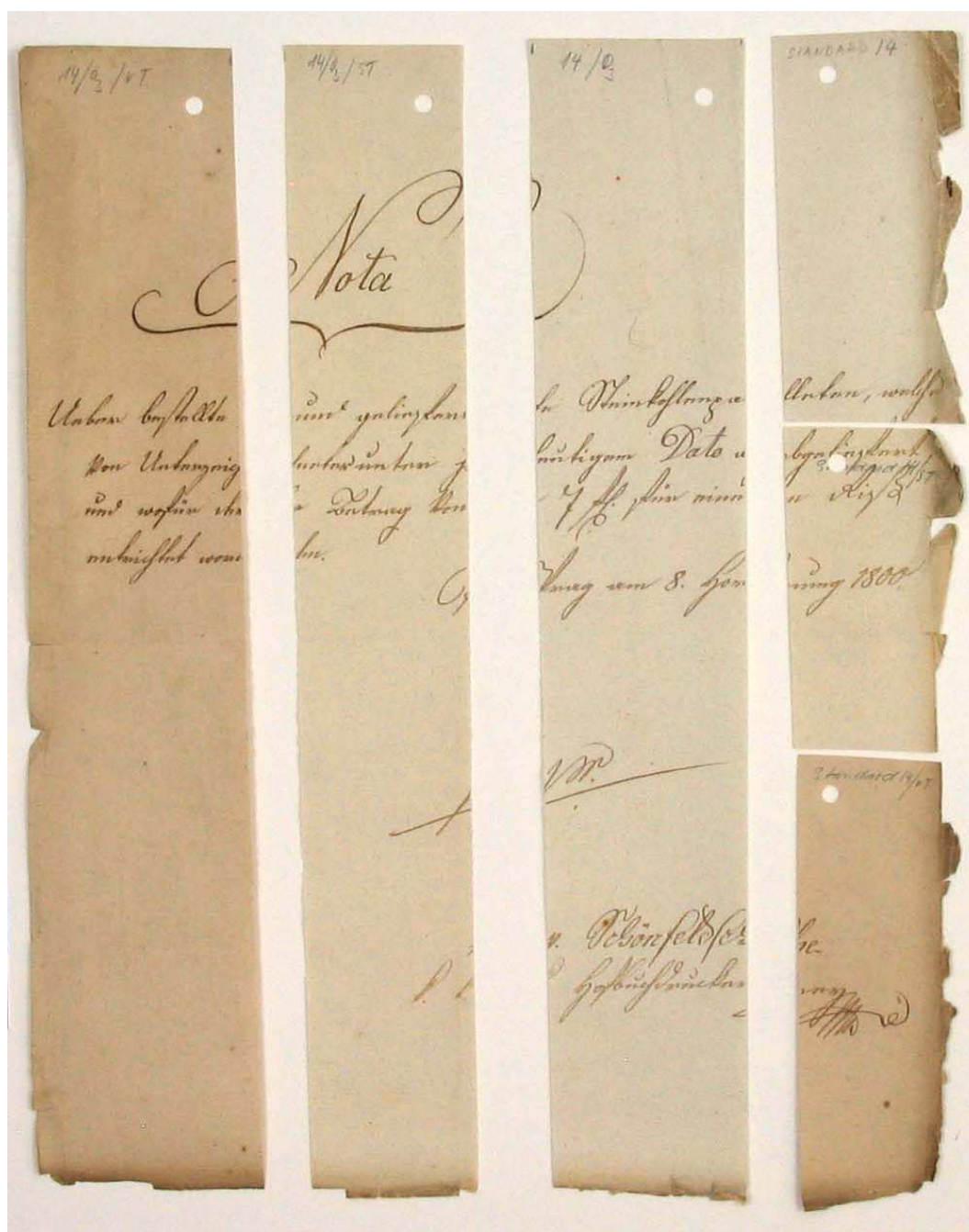


Vzorek č. 13a





Vzorek č. 14



Ozonizace nemá vliv na barevnost archivních dokumentů. Změny barevnosti záznamových prostředků archivních dokumentů nebyly měřeny, byla zhotovena fotodokumentace a případné změny budou dále monitorovány. Na základě vizuálního posouzení nemá ozonizace prokazatelný vliv na změnu barevnosti záznamových prostředků.

3.7.2 Změny celkové barevné difference  $\Delta E^*$  archivních dokumentů

Porovnáním barevných diferencí všech naměřených hodnot vybraných typů archivních dokumentů bylo zjištěno, že ozonizace nemá významný vliv na změnu barevnosti. Naměřené hodnoty celkové barevné difference po stárnutí (jak ve vlhké, tak v suché atmosféře) vzorků papíru ozonizovaných a vzorků bez ozonizace jsou velmi podobné (viz tab. 5).

Tab. 5 Vliv ozonizace a umělého stárnutí na celkovou barevnou diferenci archivních dokumentů.

Vzorek papíru	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
1 – nestárnutý	63,93	-10,08	-17,37				
1 – vlhké stárnutí	62,72	-12,49	-6,91	-1,17	-2,43	10,4	<b>10,8</b>
1 – suché stárnutí	62,68	-13,40	-5,53	-1,21	-3,34	11,8	<b>12,3</b>
1 – ozonizace - nestárnutý	62,27	-10,28	-16,21	-1,62	-0,22	1,10	<b>1,97</b>
1 – ozonizace - vlhké stárnutí	62,59	-12,42	-6,53	-1,30	-2,36	10,8	<b>11,1</b>
1 – ozonizace - suché stárnutí	62,39	-13,22	-5,85	-1,50	-3,17	11,5	<b>12,0</b>
2 – nestárnutý	70,67	-12,78	-0,71				
2 – vlhké stárnutí	67,81	-8,14	9,35	-2,85	4,64	10,1	<b>11,4</b>
2 – suché stárnutí	67,99	-10,44	10,50	-2,68	2,35	11,2	<b>11,8</b>
2 – ozonizace - nestárnutý	69,95	-12,60	-0,07	-0,71	0,19	0,64	<b>0,97</b>
2 – ozonizace - vlhké stárnutí	69,38	-8,36	8,97	-1,29	4,42	9,68	<b>10,7</b>
2 – ozonizace - suché stárnutí	68,43	-10,99	9,09	-2,24	1,79	9,79	<b>10,2</b>
3 – nestárnutý	68,11	24,84	7,03				
3 – vlhké stárnutí	65,24	18,75	12,85	-2,87	-6,08	5,82	<b>8,89</b>
3 – suché stárnutí	66,87	19,88	14,86	-1,24	-4,96	7,83	<b>9,35</b>
3 – ozonizace - nestárnutý	68,18	25,26	7,47	0,07	0,42	0,44	<b>0,24</b>
3 – ozonizace - vlhké stárnutí	65,35	19,04	12,98	-2,76	-5,80	5,95	<b>8,75</b>
3 – ozonizace - suché stárnutí	66,96	20,55	14,61	-1,15	-4,29	7,57	<b>8,78</b>
4 – nestárnutý	75,20	-16,03	9,77				
4 – vlhké stárnutí	72,46	-8,54	15,61	-2,74	7,49	5,85	<b>9,89</b>
4 – suché stárnutí	73,69	-5,94	17,91	-1,51	10,1	8,15	<b>13,1</b>
4 – ozonizace - nestárnutý	75,41	-17,94	8,91	0,21	-1,91	-0,85	<b>2,10</b>
4 – ozonizace - vlhké stárnutí	72,88	-8,36	14,92	-2,33	7,67	5,16	<b>9,53</b>
4 – ozonizace - suché stárnutí	73,92	-6,79	17,36	-1,29	9,25	7,60	<b>12,0</b>
5 – nestárnutý	83,56	1,42	17,48				
5 – vlhké stárnutí	74,63	4,87	21,91	-8,93	3,44	4,43	<b>10,6</b>
5 – suché stárnutí	77,38	4,27	25,57	-6,19	2,85	8,08	<b>10,6</b>
5 – ozonizace - nestárnutý	82,21	2,19	19,17	-1,36	0,77	1,69	<b>2,30</b>
5 – ozonizace - vlhké stárnutí	74,08	4,86	23,48	-9,48	3,44	6,00	<b>11,7</b>
5 – ozonizace - suché stárnutí	77,78	4,47	26,83	-5,78	3,05	9,35	<b>11,4</b>
6 – nestárnutý	87,29	-0,01	14,63				
6 – vlhké stárnutí	77,57	4,01	21,14	-9,72	4,01	6,51	<b>12,4</b>
6 – suché stárnutí	82,38	2,22	24,98	-4,91	2,23	10,4	<b>11,7</b>
6 – ozonizace - nestárnutý	87,43	-0,04	15,01	0,14	-0,04	0,38	<b>0,41</b>
6 – ozonizace - vlhké stárnutí	77,62	3,84	21,08	-9,66	3,85	6,45	<b>12,2</b>
6 – ozonizace - suché stárnutí	82,13	2,37	24,81	-5,16	2,37	10,2	<b>11,7</b>

Vzorek papíru	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
7 – nestárnutý	88,47	-0,17	14,56				
7 – vlhké stárnutí	79,85	3,56	19,85	-8,62	3,73	5,29	<b>10,8</b>
7 – suché stárnutí	83,83	1,60	22,71	-4,64	1,77	8,15	<b>9,54</b>
7 – ozonizace - nestárnutý	88,96	-0,56	13,50	0,49	-0,38	-1,06	<b>1,23</b>
7 – ozonizace - vlhké stárnutí	80,69	3,54	19,97	-7,78	3,72	5,41	<b>10,2</b>
7 – ozonizace - suché stárnutí	84,29	1,99	23,88	-4,18	2,16	9,32	<b>10,4</b>
8 – nestárnutý	84,05	2,82	18,29				
8 – vlhké stárnutí	66,06	6,43	20,78	-18,0	3,61	2,48	<b>18,5</b>
8 – suché stárnutí	78,78	4,91	23,45	-5,27	2,09	7,15	<b>9,13</b>
8 – ozonizace - nestárnutý	84,43	2,67	17,95	0,38	-0,14	-0,34	<b>0,53</b>
8 – ozonizace - vlhké stárnutí	67,18	5,99	19,99	-16,9	3,17	1,7	<b>17,3</b>
8 – ozonizace - suché stárnutí	80,31	4,53	25,17	-3,73	1,71	6,80	<b>8,01</b>
9 – nestárnutý	72,91	7,01	26,36				
9 – vlhké stárnutí	60,62	7,53	22,95	-12,3	0,52	-3,41	<b>12,8</b>
9 – suché stárnutí	61,03	7,61	23,22	-11,9	0,59	-3,14	<b>12,3</b>
9 – ozonizace - nestárnutý	72,54	6,61	25,76	-0,37	-0,40	-0,60	<b>0,81</b>
9 – ozonizace - vlhké stárnutí	61,63	7,42	23,18	-11,3	0,41	-3,18	<b>11,7</b>
9 – ozonizace - suché stárnutí	64,59	9,21	20,0	-8,32	2,20	2,43	<b>8,94</b>
10 – nestárnutý	80,04	4,12	22,47				
10 – vlhké stárnutí	73,37	5,90	24,06	-6,67	1,78	1,59	<b>7,09</b>
10 – suché stárnutí	73,35	6,56	27,95	-6,69	2,44	5,45	<b>8,99</b>
10 – ozonizace - nestárnutý	80,42	3,98	22,47	0,37	-0,13	0,01	<b>0,40</b>
10 – ozonizace - vlhké stárnutí	73,25	6,13	24,44	-6,79	2,01	1,98	<b>7,35</b>
10 – ozonizace - suché stárnutí	73,27	6,76	28,30	-6,77	2,65	5,83	<b>9,32</b>
11 – nestárnutý	86,29	0,44	15,15				
11 – vlhké stárnutí	80,47	3,30	20,84	-5,82	2,86	5,69	<b>8,62</b>
11 – suché stárnutí	82,40	2,24	24,23	-3,89	1,79	9,08	<b>10,0</b>
11 – ozonizace - nestárnutý	86,74	0,07	14,06	0,45	-0,38	-1,09	<b>1,24</b>
11 – ozonizace - vlhké stárnutí	81,23	3,17	20,89	-5,06	2,73	5,74	<b>8,12</b>
11 – ozonizace - suché stárnutí	82,70	2,34	24,29	-3,59	1,90	9,14	<b>10,0</b>
12 – nestárnutý	75,02	3,83	21,03				
12 – vlhké stárnutí	64,97	5,29	20,49	-10,1	1,46	-0,55	<b>10,2</b>
12 – suché stárnutí	70,34	5,68	24,40	-4,69	1,86	3,38	<b>6,06</b>
12 – ozonizace - nestárnutý	74,94	4,34	21,13	-0,09	0,51	0,1	<b>0,53</b>
12 – ozonizace - vlhké stárnutí	65,82	5,11	19,81	-9,20	1,29	-1,22	<b>9,37</b>
12 – ozonizace - suché stárnutí	70,64	6,26	25,29	-4,38	2,43	4,25	<b>6,57</b>
13 – nestárnutý	87,37	0,76	13,76				
13 – vlhké stárnutí	77,39	3,65	18,07	-9,98	2,89	4,31	<b>11,2</b>
13 – suché stárnutí	85,52	0,72	17,09	-1,85	-0,04	3,34	<b>3,82</b>
13 – ozonizace - nestárnutý	86,20	1,14	14,04	-1,17	0,38	0,29	<b>1,26</b>
13 – ozonizace - vlhké stárnutí	77,12	3,52	18,40	-10,3	2,75	4,65	<b>11,6</b>
13 – ozonizace - suché stárnutí	84,54	-0,65	13,23	0,05	-0,29	2,75	<b>2,77</b>
14 – nestárnutý	85,48	-0,36	10,48				
14 – vlhké stárnutí	77,58	2,06	17,06	-7,89	2,42	6,58	<b>10,6</b>
14 – suché stárnutí	83,44	-0,32	13,61	-2,04	0,05	3,13	<b>3,73</b>
14 – ozonizace - nestárnutý	85,47	-0,46	9,80	-0,01	-0,1	-0,68	<b>0,69</b>
14 – ozonizace - vlhké stárnutí	78,44	1,98	16,41	-7,03	2,34	5,93	<b>9,49</b>
14 – ozonizace - suché stárnutí	85,54	-0,65	13,23	0,05	-0,29	2,75	<b>2,77</b>

### 3.8 Vliv ozonizace na vybrané mikroorganismy

V tab. 6 jsou uvedeny výsledky mikrobiologických testů. Nárůst plísní byl na všech vzorcích naprosto stejný a shodoval se i s kontrolním vzorkem. Provedený způsob ozonizace tedy nemá vliv na životaschopnost a růstové vlastnosti testovaných plísní.

Tab. 6 Vliv ozonizace na vybrané archivní mikroorganismy.

Vzorek	<i>A. niger</i>	<i>P. aurantiogriseum</i>	<i>T. koningii</i>
1	+++	+++	+++
2	+++	+++	+++
3	+++	+++	+++
4	+++	+++	+++
5	+++	+++	+++
6	+++	+++	+++
7	+++	+++	+++
8	+++	+++	+++
9	+++	+++	+++
10	+++	+++	+++
Kontrola	+++	+++	+++

Hodnocení: +++ silný nárůst (pokryta celá plocha čtverečku papíru) a sporulace  
 ++ nárůst (pokryta větší část plochy čtverečku papíru)  
 + slabý nárůst (ojedinělé kolonie)  
 - žádný nárůst

## 4 ZÁVĚR

Na základě shora uvedených výsledků měření mechanických, optických a chemických vlastností filtračního papíru Whatman 1, papíru pro dokumenty dle ISO 9706, dřevitého papíru, bezdřevého psacího papíru, bělené sulfitové a chemotermomechanické buničina lze konstatovat, že ozonizace provedené postupem popsaným v kapitole 2.2 **nemá patrný vliv** na sledované vlastnosti.

Obdobně tak studium vlivu ozonizace na vybrané arylmetanového barviva Acid Red 87, Acid Green 16, Basic Violet 1, Basic Blue 6, Basic Green 4 a reálné archiválie z 19. a 20. století potvrdilo, že tato technologie **nemá negativní vliv** na barevnost.

Ozonizaci však **nelze** považovat za účinnou dezinfekci dokumentů.